



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E
SANITÁRIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NOS
MUNICÍPIOS DA UNIDADE DE PLANEJAMENTO DO BAIXO RIO
SERGIPE - SE: APLICAÇÃO ATRAVÉS DA ANÁLISE
MULTICRITERIAL.**

ANTONIO LOPES DA SILVA

CAMPINA GRANDE - PB

2015

ANTONIO LOPES DA SILVA

**ANÁLISE DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NOS
MUNICÍPIOS DA UNIDADE DE PLANEJAMENTO DO BAIXO RIO
SERGIPE - SE: APLICAÇÃO ATRAVÉS DA ANÁLISE
MULTICRITERIAL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental na área de recursos hídricos.

Orientadores: Prof.^a PhD. Rosires Catão Curi
Prof^o Dr. José Ribamar Marques de Carvalho

CAMPINA GRANDE - PB

2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586a Silva, Antonio Lopes da.

Análise da gestão dos recursos hídricos nos municípios da unidade de planejamento do baixo Rio Sergipe - SE : aplicação através da análise multicriterial / Antonio Lopes da Silva. – Campina Grande, 2015.

93 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2015.

"Orientação: Profa. PhD. Rosires Catão Curi, Profº Dr. José Ribamar Marques de Carvalho".

Referências.

1. Gestão de Recursos Hídricos - Sergipe (SE). 2. Água - Demanda. 3. Indicadores. 4. Método PROMETHEE II. 5. Impactos Sociais, Econômicos e Ambientais. I. Curi, Rosires Catão. II. Carvalho, José Ribamar Marques de. II. Título.

CDU 556.18(813.7) (043)

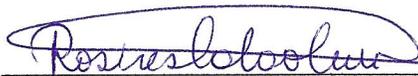
ANTONIO LOPES DA SILVA

**ANÁLISE DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NOS MUNICÍPIOS DA
UNIDADE DE PLANEJAMENTO DO BAIXO RIO SERGIPE - SE: APLICAÇÃO
ATRAVÉS DA ANÁLISE MULTICRITERIAL.**

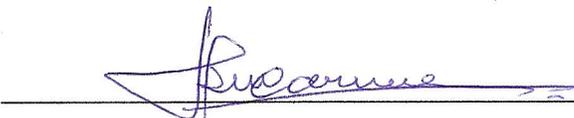
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental na área de recursos hídricos.

Aprovado em 31/08/2015

COMISSÃO EXAMINADORA:



Orientadora - PhD. Rosires Catão Curi
(Universidade Federal de Campina Grande - CTRN - UAEC)



Coorientador – Dr. José Ribamar Marques de Carvalho
(Universidade Federal de Campina Grande - CCJS - UACC)



Examinador Externo – Dr^a. Rosinete Batista dos Santos
(Universidade Federal de Campina Grande - CCTA - UACTA)



Examinador Interno - PhD. Wilson Fadlo Curi
(Universidade Federal de Campina Grande - CCT - UAF)

Agradecimentos

A Deus, o ser supremo dono da sabedoria e fonte de inspiração.

A Professora Rosires Curi por ter aceitado me orientar nessa tarefa árdua e difícil, pelos ensinamentos, paciência e compreensão.

Ao Professor Ribamar por aceitar a mim coorientar, proporcionou grandes aprendizagens e imensas contribuições, sem elas não teria concluído.

Ao professor Wilson Curi por fazer parte da banca como examinador interno.

A Professora Rosinete Batista em aceitar o convite de participar da banca como examinadora externa.

Aos meus pais Afonso Vale e Raimunda Lopes, pelos ensinamentos e a mim colocar sempre para trilhar pelo caminho correto, sem eles eu não teria conseguido.

A minha esposa Giovanna, meus filhos Kennedy e Aysha, pelo amor incondicional, pela paciência, por compreender os momentos ausentes, por perceberem a importância da capacitação para o meu crescimento pessoal e profissional.

As minhas irmãs Zuleide, Zulene e Zuila, pelo incentivo, pela confiança depositada.

Aos professores do Programa de Pós Graduação de Engenharia Civil e Ambiental da UFCG, Carlos Galvão, Marcia Rios, Dayse Luna, Patrícia Hermínio, Rosires Catão, Wilson Curi, Veruschka Monteiro e Andréa Carla, pelos ensinamentos, formação prestada e pelos valiosos conhecimentos adquiridos.

Aos Técnicos administrativos e Técnico de laboratório de hidráulica I da UFCG.

Aos colegas mestrandos da turma 2013.1, pelo companheirismo, pelos momentos de estudos, pelos momentos de descontrações.

Ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS), por permitir que concluísse essa pesquisa.

Aos professores Alcigeimes Batista e Ludmilson Abritta, da área de recursos hídricos da UFS, pelas contribuições ao longo desse trabalho.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos para realização deste trabalho.

A todos que me ajudaram e contribuíram de forma direta e indiretamente, para concretização deste trabalho.

Muito Obrigado!

Epígrafe

*“O rio atinge seus objetivos porque aprendeu a
contornar os obstáculos”
(André Luis).*

ANÁLISE DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NOS MUNICÍPIOS DA UNIDADE DE PLANEJAMENTO DO BAIXO RIO SERGIPE - SE: APLICAÇÃO ATRAVÉS DA ANÁLISE MULTICRITERIAL.

Resumo

O aumento da população e a ocupação das bacias hidrográficas de modo não planejado, sem a devida preocupação com o meio ambiente, são fatores que estão debilitando uma das principais bases de recursos sobre a qual se edifica a sociedade humana, afetando a quantidade e qualidade desse recurso que é a água. Nesse sentido busca-se por estratégias capazes de minimizar os impactos e proporcionar uma melhor gestão, de como utilizar e explorar os recursos naturais de forma racional. Este trabalho tem como principal objetivo realizar uma análise comparativa multicriterial, entre o desempenho de municípios quanto à disponibilidade de água, demandas da água, gestão da água, gestão das cidades em relação à água, impactos econômicos, sociais, ambientais e preservação. Utilizou-se método multicritério PROMETHEE II, comparando os indicadores par a par e no final estabelece uma ordem completa entre as alternativas. O local de estudo foi na Unidade de Planejamento do Baixo Rio Sergipe, composto por 36 indicadores e seis dimensões. Os resultados mostram a aplicabilidade do modelo, o reflexo da situação social, econômica e ambiental dos municípios da área de estudo de forma a proporcionar uma melhor gestão dos recursos hídricos. A ordenação obtida através do método enfatiza que existe desigualdade entre os municípios localizados nessa região. Nota-se que este cenário ainda se apresenta longe do ideal em relação à gestão dos recursos hídricos mesmo nos municípios que apresentam níveis satisfatórios. As reflexões, críticas e informações disponibilizadas neste trabalho se propõem a ampliar a discussão em torno das políticas públicas na área da gestão dos recursos hídricos de modo a consubstanciar resultados mais satisfatórios a essa realidade, seja através do entendimento e ampliação da participação popular no processo de construção dessas políticas sociais, quanto para o aperfeiçoamento técnico dos órgãos gestores.

Palavras-chave: Indicadores. Método PROMETHEE II. Fontes, demanda e gestão da água. Impactos sociais, econômicos e ambientais.

ANALYSIS OF THE WATER RESOURCES MANAGEMENT IN THE PLANNING UNIT CITIES OF LOWER SERGIPE RIVER-SE: APPLICATION BY MULTICRITERIA ANALYSIS.

ABSTRACT

The increase in population and unplanned occupation of watersheds, without concerns about the impacts towards the environment, are factors that are weakening one of the main resource bases of human society, affecting the quantity and quality of this resource that is water. In this sense, there is a search for strategies in order to minimize impacts and provide a better management of how to use and exploit natural resources in a rational way. This work aims at conducting a multicriteria comparative analysis, considering the performance of cities with respect to the water availability; water demand; water management; city management in relation to water; economic, social and environmental impacts; and preservation. It was used the multicriteria method PROMETHEE II, comparing the indicators pair to pair and at the end establishes a complete order between the alternatives. The study case was located in the Planning Unit of the Lower Sergipe River, which is composed of 36 indicators and six dimensions. The results show the applicability of the model, the reflection of the social, economic and environmental situation of the studied cities to provide better management of water resources. The order obtained by the method emphasizes that there exists inequalities among the cities in this region. It is noted that this scenario still appears far from ideal in the management of water resources even for cities identified with satisfactory levels. The reflections, critiques and information provided in this dissertation were set out to broaden the discussion around public policies in the field of water resources management in order to substantiate more satisfactory results to this reality. This may be accomplished by either understanding and expanding popular participation in the construction process of social policies or improving technical knowledge in management sections.

Keywords: Indicators. Promethee II Method. Sources, demand and water management. Social, economic and environmental impacts.

Lista de Quadros

Quadro 1– Funções de preferência do método PROMETHEE.	34
Quadro 2 - Sistema de Indicadores de Gestão dos Recursos Hídricos para Municípios	45

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Indicadores de Fontes de água	55
Gráfico 2 – Dimensão fontes de água.....	56
Gráfico 3 – indicadores de Demandas de água.....	59
Gráfico 4 – Dimensão demandas de água	59
Gráfico 5 – Indicadores de Gestão da água	62
Gráfico 6 – Dimensão gestão da água	62
Gráfico 7 – Indicador gestão dos Serviços de Saneamento Básico.....	66
Gráfico 8 - Indicador gestão dos Serviços de Saneamento Básico.....	67
Gráfico 9 – Dimensão gestão dos serviços de Saneamento Básico.....	68
Gráfico 10 – Indicador impactos sociais, econômicos e ambientais.....	71
Gráfico 11 – Indicador impactos sociais, econômicos e ambientais.....	71
Gráfico 12 – Indicador impactos sociais, econômicos e ambientais.....	72
Gráfico 13 – Dimensão impactos sociais, econômicos e ambientais	73
Gráfico 14 – Dimensão preservação ambiental	76
Gráfico 15 – Dimensão preservação ambiental	76
Gráfico 16 – Ranking final	79

Lista de Figuras

Figura 1– Estrutura do SINGREH.....	18
Figura 2 - Estrutura para a Definição dos Indicadores do Modelo	25
Figura 3 - Estrutura das dimensões do Modelo	26
Figura 4 – Dimensão Fontes de Água e Respectiveos Indicadores	26
Figura 5 – Dimensão Demanda de Água e Respectiveos Indicadores	27
Figura 6 – Dimensão Gestão da Água e Respectiveos Indicadores.....	27
Figura 7– Dimensão Gestão das Cidades em Relação à Água e Respectiveos Indicadores.....	28
Figura 8 - Dimensão Impactos Sociais, Econômicos e Ambientais e Respectiveos Indicadores	28
Figura 9 – Dimensão Preservação Ambiental e Respectiveos Indicadores	29
Figura 11 - Localização da área de estudo	39
Figura 10 – Estrutura do percurso metodológico	43
Figura 12 - Rede do PROMETHEE: fontes de água.....	57
Figura 13- Rede do PROMETHEE: dimensão demanda de água.....	60
Figura 14 – Rede do PROMETHEE: dimensão gestão da água.....	63
Figura 15 – Rede do PROMETHEE: Dimensão gestão dos Serviços de Saneamento Básico	69
Figura 16 – Rede do PROMETHEE: Dimensão impactos sociais, econômicos e ambientais.	74
Figura 17 – Rede do PROMETHEE: dimensão preservação ambiental	77
Figura 18 – Rede do PROMETHEE: Ranking final	80

Sumário

1	Introdução.....	12
1.1	Objetivos.....	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos:	15
1.2	Estrutura da Dissertação	16
2	Referencial Teórico	17
2.1	Gestão de Recursos Hídricos	17
2.2	Indicadores para a Gestão dos Recursos Hídricos	20
2.3	Modelos existentes para a Gestão dos Recursos Hídricos	22
2.4	Sistema de indicadores para a gestão de recursos hídricos.....	25
2.5	Análise Multicriterial	30
2.6	Método PROMETHEE - Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation	32
3	Aspectos metodológicos.....	38
3.1	Recorte Geográfico e Temporal da Pesquisa.....	38
3.2	Localização da área de estudo.....	38
3.2.1	Clima	39
3.2.2	Vegetação	40
3.2.3	Relevo.....	40
3.3	Classificação Metodológica da Pesquisa	41
3.4	Percurso Metodológico	42
4	Resultados e Discussões	54
4.1	Modelo Multicritério para classificação do desempenho dos municípios em relação à gestão dos recursos hídricos	54
4.2	Dimensão Fontes de água	54
4.3	Dimensão Demanda de água.....	58
4.4	Dimensão Gestão da água dos municípios.....	61
4.5	Dimensão Gestão dos Serviços de Saneamento Básico.....	64
4.6	Dimensão impactos sociais, econômicos e ambientais.....	70
4.7	Dimensão Preservação ambiental	75
4.8	Ranking final de desempenho dos municípios	78
5	Considerações Finais	81
	Referências bibliográficas	86
	APÊNDICE – Dados dos indicadores do modelo.	92

1 Introdução

A gestão dos recursos hídricos é bastante complexa, porque envolve aspectos socioeconômicos, impactos ambientais, fatores naturais e humanos (como por exemplo, fatores hidrológicos, condição hidráulica, atividades humanas), bem como as características da bacia hidrográfica normalmente caracterizada por diversas incertezas hidrológicas associadas, entradas exógenas e padrões de demanda humana (WENG; HUANG; LI, 2010).

Nesse sentido tem-se buscado estratégias capazes de minimizar os impactos e proporcionar uma melhor gestão, de como utilizar e explorar de forma racional os recursos naturais. Esta se apresenta como um cenário complexo já que envolvem demandas distintas, vários usuários, conflitos de uso, condições ambientais dentre outros, que necessitam ser estruturadas de forma sistêmica e racional, para ser capaz de contribuir para um melhor planejamento e gestão da situação hídrica local.

Para se ter uma ideia, estima-se que, em todo o mundo, a agricultura consome cerca de 69% da água captada. A indústria 23% e os 8% restantes destinados ao consumo doméstico. Em termos globais, as fontes de água são abundantes, no entanto, quase sempre são mal distribuídas na superfície da Terra. Mesmo no Brasil, que possui uma das maiores disponibilidades hídricas do planeta, essa situação não é diferente (BASSOI; GUAZELLI, 2004).

Na maior parte do mundo a alocação e o gerenciamento dos recursos hídricos para usos múltiplos envolvem conflitos entre os diversos setores de interesse. O mundo enfrenta hoje, uma séria crise relacionada com a questão da água, não somente pela má distribuição espacial e temporal das precipitações, mas, fundamentalmente, pela falta de um gerenciamento adequado.

O aumento da população e a ocupação das bacias hidrográficas de modo não planejado, sem a devida preocupação com o meio ambiente, são fatores que estão debilitando uma das principais bases de recursos sobre a qual se edifica a sociedade humana, afetando a quantidade e qualidade desse recurso que é água. O longo período de estiagem compromete seriamente as condições de vida da população em áreas extensas do semiárido. Assim, o déficit hídrico, o crescimento da poluição, ações a montante com impactos a jusante, são alguns eventos comuns, com resultados muitas vezes imprevisíveis, resultando em conflitos e problemas de gestão da água.

Os recursos hídricos em muitas bacias hidrográficas são totalmente ou quase em sua totalidade comprometido, a qualidade da água é degradada; ecossistemas dependentes do rio estão ameaçados e ainda o aumento da demanda está levando a intensa concorrência (SVENDSEN; WESTER; MOLLE, 2004).

Diante desses e de outros fatos, o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos passam a ter importância fundamental, haja vista a criação da Lei das Águas do Governo Federal (Lei nº 9433/97) que estabeleceu diretrizes para o gerenciamento e planejamento das ações para o uso dos recursos hídricos, de modo a proporcionar um melhor aproveitamento, controle e conservação desses recursos, dentro de uma política participativa e descentralizada, envolvendo governo e sociedade. O planejamento, portanto, é uma ação no sentido de melhor aproveitar, controlar os usos e conservar os recursos hídricos, por meio de integração do sistema (COSTA, 2011).

A sustentabilidade, o planejamento e a gestão devem ser discutidos dentro do contexto de desenvolvimento sustentável, onde o atendimento das necessidades da população atual não venha a comprometer a capacidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades, como é o caso do Nordeste brasileiro, onde o uso racional dos recursos hídricos passa a ser imprescindível, face as peculiaridades climáticas e ambientais, que condicionam as atividades antrópicas, o desenvolvimento social e econômico da região.

De acordo com Carvalho *et al* (2011) dentro de um mesmo contexto geográfico, seja numa mesma região, localidade, estado ou município, percebe-se as grandes diferenças nas áreas econômicas, sociais, ambientais entre outras, que comprova as heterogeneidades existentes entre cada contexto. É dentro deste aspecto, que a avaliação de municípios segundo indicadores de sustentabilidade ambiental, se torna relevante, com intuito de estimular o debate sobre o tema e propor melhorias nas regiões que apresentam relevantes diferenças.

A área objeto deste estudo é a Unidade de Planejamento (UP) do baixo Rio Sergipe, é uma sub bacia de fundamental importância para o Estado de Sergipe e região, pois nela está localizado mais de 50% da população do Estado e a cidade de Aracaju também encontra-se inserida na sua área.

Sendo imprescindível a realização de estudos nessa bacia, seja pelo elevado número populacional, que exige elevadas demandas de água para atender os vários usos, entre eles o de abastecimento humano ou pelo grande número de empreendimentos, responsável por inúmeros problemas, como: o depósito de resíduos sólidos, ineficientes sistemas de esgotamento

sanitário, desmatamento, contaminação de fontes de água, uso intensivo de agrotóxicos e ocupações irregulares de áreas preservadas.

As microrregiões de Aracaju e do baixo Cotinguiba concentram a parcela mais expressiva da estrutura industrial sergipana. Destacando-se, entre outros, os produtos alimentícios, extração mineral, produtos químicos, couros, móveis, madeiras e confecções. Os principais focos mineiros são os de extração de petróleo e das lavras de rochas carbonáticas diversas, distribuídos no médio-baixo curso deste rio. Estas atividades mineiras estão ligadas, além da extração do óleo cru, à produção de cimento, cal, e calcários corretivos, e já estão em desenvolvimento nesta sub bacia há várias décadas. Ao longo do vale, sobretudo nos arredores da área urbana de Aracaju, também estão registrados vários pontos de extração de areia. No setor agropecuário há o predomínio da cana-de-açúcar, cultura do coco e a criação de bovinos.

Não é sem sentido que a dinâmica de ocupação geoeconômica traz reflexos diretos sobre os espaços geográficos. O resultado da exploração de recursos com baixo viés de políticas ambientais tem reflexo num futuro iminente de danos ambientais (NETTO, 2011).

Buscando conhecer bem a situação hídrica e ambiental da região, de modo que se possa contribuir para a adoção de um planejamento capaz de proporcionar o uso eficiente da água, contribui para uma política de desenvolvimento sustentável, (CARVALHO, 2013).

Nesse sentido, o uso de indicadores para a avaliação da gestão de recursos hídricos em municípios tem sido cada dia mais frequente (HE *et al.*, 2000; POMPERMAYER *et al.*, 2007; GUIMARÃES e FEICHAS, 2009; VIEIRA e STUDART, 2009; MAGALHÃES JÚNIOR 2010; CARVALHO, *et al.* 2013), em função da possibilidade de identificar entraves relacionados a políticas públicas que envolvam aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Dessa forma, e em meio a uma diversidade de estudos que foram desenvolvidos para avaliar a sustentabilidade e gestão da água, o presente estudo está orientado a responder à seguinte questão: Qual o desempenho dos municípios localizados na Unidade de Planejamento do Baixo Rio Sergipe, em relação a gestão dos recursos hídricos?

A partir das considerações apresentadas acima, esta pesquisa objetiva identificar através da análise multicriterial o desempenho dos municípios situados na Unidade de Planejamento do Baixo Rio Sergipe, em relação a sustentabilidade e gestão hidroambiental.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar análise multicriterial, via método PROMETHEE II, entre o desempenho de municípios quanto: à oferta, demanda e gestão hídrica; gestão dos serviços de saneamento básico; impactos econômicos, sociais, ambientais e a preservação ambiental.

1.1.2 Objetivos Específicos:

- Selecionar as variáveis de decisão necessárias à análise comparativa;
- Analisar o comportamento dos indicadores do modelo via análise descritiva com o intuito de sinalizar possíveis respostas à realidade dos municípios.
- Implementar o modelo PROMETHEE II;
- Construir um *ranking* final que permita identificar e comparar a gestão dos recursos hídricos dos municípios da área de estudo;
- Auxiliar na tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos de municípios.

1.2 Estrutura da Dissertação

A dissertação está estruturada em 5 capítulos, quais sejam: introdução, referencial teórico, aspectos metodológicos, resultados e discussão, conclusão. Finalizando o trabalho tem as referências bibliográficas, que deram suporte para execução da mesma e apêndice.

O primeiro capítulo, como já visto, introduz o tema abordado contextualizando-o, tratando da importância em ser estudado, além de descrever os objetivos da pesquisa.

O segundo apresenta o resultado do referencial teórico sobre o tema escolhido direcionado a pesquisa, a saber: gestão dos recursos hídricos; indicadores para a gestão de recursos hídricos; modelos existentes para a gestão dos recursos hídricos; sistemas de indicadores para a gestão dos recursos hídricos; análise multicriterial e método PROMETHEE.

No terceiro capítulo foram apresentados os aspectos metodológicos, a localização da área de estudo, conjunto de indicadores utilizados para chegar aos resultados.

No quarto capítulo é feita a apresentação dos resultados obtidos na pesquisa através do método utilizado e discussões acerca dos mesmos.

Por fim, no capítulo cinco apresenta as conclusões do estudo, seguido das referências e apêndice.

2 Referencial Teórico

2.1 Gestão de Recursos Hídricos

A gestão dos recursos hídricos se apresenta como uma temática atual, relevante e que envolve as mais variadas áreas. Várias são as discussões em torno desse tema, para busca de soluções ou amenizar os efeitos causados pelo o excesso ou a falta desse recurso natural. A água é um bem indispensável para a sobrevivência dos seres vivos; permite realizar diversas atividades econômicas, melhorar a situação social e comunitária. Devido aos seus usos múltiplos deve ser gerenciada para evitar conflitos. Uma visão mais atual para a gestão desse recurso é o gerenciamento integrado.

A Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) é o componente chave para promover o crescimento sustentável e uma sociedade mais igualitária e inclusiva. Surge uma nova forma de gestão destes recursos voltada no planejamento e manejo desses recursos de forma integrada, participativa e descentralizada. É esse o modelo de gestão preconizado na Política Nacional de Recursos Hídricos do Brasil constante na Lei 9433/97, mas conhecida como a Lei das Águas.

Entende-se a GIRH como um processo que promove o desenvolvimento e gerenciamento coordenado da água, solo e outros recursos correlatos, no sentido de maximizar de forma equitativa, o resultante bem-estar econômico e social sem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas (GWP, 2000).

De acordo com Agencia Nacional de Energia Elétrica/Agencia Nacional de Água (ANEEL/ANA) (2001), “gestão dos recursos hídricos é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, bem como fazer o uso adequado, visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade.” Então deve-se gerenciar as disponibilidades e demandas hídricas de forma a se fazer uma alocação ótima do recurso água, obtendo o máximo benefício econômico e social com a mínima degradação ambiental.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), por intermédio da Lei nº 9433/97, estabelece como um de seus fundamentos, que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a gestão dos Recursos Hídricos. Entretanto, todo o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos devem levar em consideração a bacia como um todo. Entende-se como bacia hidrográfica a área definida topograficamente, drenada por um curso d'água, ou um sistema

conectado de cursos d'água, tal que toda a vazão efluente seja descarregada através de um exutório (COELHO *et al.*, 2005).

O plano de recursos hídricos pode ser: nacional, estadual ou por bacia hidrográfica. O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) tem caráter estratégico e estabelece diretrizes gerais sobre os recursos hídricos nos estados. Nos planos estaduais, a base territorial de gestão é denominada de Unidade de Planejamento (UP). As UP consistem em territórios compreendidos por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas cuja finalidade é orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos (JICA, 2000). A UP é importante, por exemplo, para a definição de disponibilidades e demandas hídricas de modo que se tenha acesso ao balanço hídrico em cada unidade e se estabeleçam estratégias de gestão.

A criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), também impulsionado pela lei das águas, tem como objetivo realizar a gestão dos recursos hídricos de forma descentralizada, integrada e participativa.

Estrutura-se como uma rede capaz de compreender toda a complexidade da questão hídrica, por meio de ações compartilhadas entre os usuários de água, sociedade civil e governos das esferas federal, estadual e municipal que se encontram inseridos nos componentes do sistema. Na Fig.1, mostra a estrutura do SINGREH.

Figura 1– Estrutura do SINGREH



Fonte: Conjuntura dos Recursos Hídricos (ANA,2013)

Na horizontal estão os órgãos que funcionam no âmbito nacional, estadual e local (bacia). Na vertical, é possível identificar a estrutura do SINGREH quanto as instâncias de deliberação de políticas relacionadas à gestão dos recursos hídricos (conselhos e comitês), as instituições de formulação de políticas públicas (ministérios, secretarias de estado, órgãos gestores de recursos hídricos), os entes de apoio ao funcionamento dos conselhos e comitês e os de implementação dos instrumentos de gestão, de regulação e de apoio administrativo e técnico às instâncias de gestão descentralizada e participativa, que são os comitês de bacias hidrográficas.

É dentro do SINGREH onde são tomadas todas as decisões sobre os recursos hídricos do País, cada um dentro de sua esfera governamental, os planejamentos, gestão e decisões devem ser tomadas nos respectivos comitês de bacias e levadas para os conselhos de recursos hídricos de seus estados para aprovação, quando não consegue resolver deve ser apresentado ao CNRH para arbitrar a decisão final.

Zuffo *et al.* (2002) relatam que o planejamento de recursos hídricos passa por um período de reformulação de seus procedimentos de avaliação de alternativas e no desenvolvimento de técnicas correspondentes. Essa mudança parte da tradicional análise custo-benefício para a análise multicriterial. A principal desvantagem da primeira em relação à segunda é a impossibilidade de incluir outros objetivos, além da maximização dos benefícios econômicos ou minimização dos custos.

São muitas as ferramentas e métodos utilizados no campo do planejamento e gestão de recursos hídricos, como instrumentos de suporte à tomada de decisão, voltadas para a gestão contínua e integrada e o uso de uma maneira racional desses recursos. Também são muitos os atores e agentes que, de uma forma ou de outra, estão envolvidos nessa questão e que atuam no processo de decisão, uma vez que a utilização de recursos hídricos envolve interesses múltiplos e, às vezes, conflitantes (POMPEMAYER, 2003).

A gestão dos recursos hídricos deve abranger de forma integrada os aspectos relativos a: legislação, interesses múltiplos e conflitantes de diferentes usuários da água, aspectos sociais e à irregularidade da distribuição espacial e temporal de disponibilidades e demandas. As estratégias de gestão devem estar baseadas em critérios e objetivos extraídos dos fatores socioeconômicos, ambientais e técnico - operacionais considerando-as como parte de uma estrutura de decisões mais ampla a fim de assegurar que as tomadas de decisão, sobre recursos hídricos, sejam técnica e ambientalmente sustentáveis (FARIA *et al.*, 2002).

Nesse sentido, segundo Carvalho e Curi (2012), a gestão dos recursos hídricos é um processo decisório complexo, repleto de variáveis e dados que necessitam ser estruturados de modo que possa ser capaz de contribuir para um melhor planejamento e gerenciamento da situação hídrica no intuito de cooperar para a melhoria e definição de políticas públicas.

2.2 Indicadores para a Gestão dos Recursos Hídricos

Segundo Magalhães (2011) os indicadores começaram a ganhar importância mundialmente a partir de 1947, quando o PIB se tornou conhecido como indicador de progresso econômico. Nos anos 60 e 70 os indicadores sociais começaram a ser valorizados com a meta de combater a ênfase econômica e valorizar ideias como a equidade social e o fortalecimento da sociedade civil. Entretanto esses indicadores foram alvos de muitas críticas por atenderem aos objetivos econômicos apenas em seu aspecto mais restrito, não considerando as dimensões sociais e ambientais relevantes para a sinalização do verdadeiro desempenho econômico e da qualidade de vida humana e dos ecossistemas.

A partir dos anos 90, inicia a busca por indicadores para a avaliação do nível de sustentabilidade, políticas e ações ambientais, no qual resultou em uma Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente no Rio de Janeiro em 1992. Onde gerou-se um documento intitulado como Agenda 21, que reconheceu os indicadores como ferramentas adequadas para avaliação da sustentabilidade.

Segundo Guimarães (2008), os indicadores fazem parte do nosso cotidiano. Muitas das vezes não percebemos, mas eles sinalizam para situações que nos alertam sobre alterações em nossa saúde, em nossas finanças, em nossos relacionamentos, etc. Essas indicações servem para que possamos interagir com aquilo que julgamos não corresponder aos nossos interesses.

Os indicadores são informações que comunicam a partir da mensuração de elementos e fenômenos da realidade, que resumem as características de um sistema ou destacam os seus pontos positivos e negativos. Eles simplificam fenômenos mais complexos com o propósito de promover objetivos compatíveis com o desenvolvimento local.

Neste sentido, os indicadores devem facilitar o processo de comunicação acerca do desenvolvimento sustentável transformando em dados numéricos, medidas e sinais de orientação e não um instrumento de previsão ou uma medida estatística definitiva, tampouco uma evidência de causalidade; ele apenas constata uma dada situação.

As possíveis causas, consequências ou previsões que podem ser feitas são exercícios de abstração do observador, de acordo com sua bagagem de conhecimento e sua visão de mundo (MARZALL, 1999).

São utilizados como ferramenta modelo em diversos estudos nacionais e internacionais, facilitando a compreensão das informações sobre fenômenos complexos, e atua como base para análise do desenvolvimento que abrange várias dimensões, entre elas são incluídos fatores econômicos, sociais, culturais, geográficos e ambientais, permitindo verificar os impactos das ações humanas no ecossistema, (SILVA *et. al.* 2010).

Um aspecto determinante é que não existe a possibilidade de determinar a sustentabilidade de um sistema considerando apenas um indicador, ou indicadores que se refiram a apenas um aspecto do sistema. A sustentabilidade é determinada por um conjunto de fatores (econômicos, sociais e ambientais), em que todos sejam contemplados.

A quantificação de informações, com base em padrões de referência, pode tornar o seu significado mais claro e facilitar a comunicação, cuja integração e evolução permite o acompanhamento dinâmico da realidade.

Para Costa (2011) os indicadores não somente se mantêm de informações, mas igualmente as produzem, devendo essa perspectiva ser considerada no processo de interpretação. Eles determinam modelos de interpretação da realidade social ou visões do mundo, pois os sentidos trazidos com eles dependem dessas representações sociais.

He *et. al.* (2000), apresenta em seu estudo que no âmbito da gestão de bacias hidrográficas, é necessário desenvolver um conjunto de indicadores apropriados para ajudar a compreender melhor os impactos antrópicos sobre as bacias hidrográficas, e dar suporte ao processo de decisão, a partir das informações e necessidades dos planejadores e formuladores de políticas públicas para editar um melhor planejamento para bacias hidrográficas.

A utilização de indicadores dentro de determinado contexto, seja ele internacional, nacional, regional ou local, configura-se como uma maneira intuitiva de monitorar complexos sistemas, que a sociedade considera importantes e que devem ser controlados, capazes de demonstrar elementos importantes da maneira como a sociedade entende seu mundo, toma suas decisões e planeja a sua ação.

Castro (2009) mostra em seu estudo que por meio de indicadores é possível quantificar diferentes aspectos, comparar alternativas de projetos ou empreendimentos distintos e escolher os melhores indicadores, de acordo com critérios técnicos ou com o interesse do analista ou decisor.

Magalhães (2011) compara indicadores a instrumentos de gestão ambiental, os quais auxiliam a democratização do conhecimento e a avaliação das intenções e as ações de gestão, permitindo, portanto, a instauração de um sistema de governança. A valorização dos indicadores na implementação de políticas públicas decorre justamente de aplicabilidade a sinalização do desenvolvimento, em toda as suas facetas, como o crescimento econômico, o bem-estar humano e a qualidade ambiental.

Para que eles cumpram efetivamente suas funções é necessário que os indicadores sejam verificados, validados e eventualmente que sejam realizados ajustes considerados necessários.

2.3 Modelos existentes para a Gestão dos Recursos Hídricos

Os indicadores são ferramentas úteis de otimização dos atributos de informações existentes, indicação da falta de dados e indicação das prioridades de gestão. Por isso foram desenvolvidos vários modelos para serem aplicados na sustentabilidade do meio ambiente.

Segundo Callado (2010) existe uma grande influência da Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CDS) das Nações Unidas e Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), para que se desenvolvam metodologias de sistemas de indicadores a sustentabilidade, associada a degradação ambiental a nível global.

A seguir apresenta-se alguns modelos, que foram desenvolvidos para a gestão de recursos hídricos: Lopes, Andrade, Aquino, Lobato e Mendonça (2009), desenvolveram uma análise integrada dos fatores determinantes da sustentabilidade em um perímetro irrigado no Estado do Ceará empregando análise fatorial.

Carvalho, Kelting e Silva (2011), realizaram um diagnóstico utilizando correlações entre o índice de pressão socioeconômica e o índice de gestão ambiental como parâmetro comparativo e avaliativo para a promoção de políticas públicas e fortalecimento da gestão ambiental em 51 municípios que compõem a área da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte.

Vetorazzi (2006) analisou o emprego da Avaliação Multicritérios, em ambiente SIG, por meio da comparação entre os métodos da Combinação Linear Ponderada e da Média Ponderada Ordenada, na geração de mapas de áreas prioritárias à restauração florestal, na bacia do Rio Corumbataí, SP, visando à conservação de recursos hídricos.

Medeiros *et al* (2010) apresentam neste estudo uma proposta metodológica para formulação de um coeficiente de qualidade de água mediante o cálculo do Índice de Qualidade

da Água (IQA). A partir da obtenção deste coeficiente, foram realizadas simulações para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos superficiais, na região do Baixo Curso do rio Paraíba, no Estado da Paraíba.

Zuffo (2011) sugeriu a inclusão da aritmética fuzzy em dois métodos multicriteriais muito utilizados em planejamento e gestão de recursos hídricos, os métodos “Compromise Programming” (CP) e “Cooperative Game Theory” (CGT), que deram origem ao Fuzzy-CP e ao Fuzzy-CGT. Esses métodos adaptados, permitiram a adoção de critérios com uma melhor representação de seus possíveis intervalos de variação, contribuindo para uma melhor explicação do problema, como também do reconhecimento de sua fragilidade, se mostrando viáveis para resolução de problemas dessa natureza.

Silvino *et al.* (2013) apresentaram e analisaram três métodos de transformação de um sistema hierárquico de preferências, em sistemas não hierárquico e três métodos para análise multidecisores. Esta metodologia foi aplicada a dois estudos: um fictício com quatro usuários, nove critérios estruturados hierarquicamente e sete decisores, para melhor se analisar o desempenho dos métodos, e outro visando o estudo de potenciais pedidos de outorga de usuários cadastrados no trecho 2 do sistema Corema-Açu, inserido em território paraibano; através da utilização do modelo multicritério de apoio à decisão VIP Analysis. Os resultados mostraram que os métodos hierárquicos apresentados geraram resultados diferentes e que os métodos multidecisores geraram resultados iguais.

Santos *et al.* (2010), propôs em seu estudo buscar, estruturar, processar e analisar informações para o auxílio à tomada de decisão quanto as melhores escolhas entre possíveis ações de intervenções hidráulicas, sob as óticas multiobjetivo e multicriterial, para ampliação da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do rio Gramame, situada no litoral Sul do estado da Paraíba, a fim de minimizar futuros conflitos de usos da água. O método PROMETHEE II, foi utilizado no processo de seleção das melhores alternativas de intervenções hidráulicas na bacia, tendo em vista diferentes possibilidades de preferências. Os resultados fornecidos pelo modelo de otimização multiobjetivo e pelo método de análise multicriterial possivelmente dará subsídios às questões operacionais e de implantação de obras hidráulicas para os tomadores de decisão.

Araújo e Almeida (2009) apresenta em seu artigo uma aplicação da metodologia multicritérios para a seleção de investimentos em petróleo e gás no nordeste do Brasil, usando o método PROMETHEE II.

Lima (2004) utilizou indicadores para fazer uma análise e indicar sugestões para estabelecimento de diretrizes de uso das disponibilidades hídricas da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, de forma integrada e sustentável, visando subsidiar o planejamento de ações de uma política de gestão de águas na bacia em estudo.

Vilas Boas (2006) realizou um estudo de caso, no reservatório ribeirão João Leite, em Goiás. Utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP), foi possível desenvolver um modelo multicritério de análise de decisão para auxiliar os tomadores de decisão nas questões inerentes aos usos múltiplos da água.

Guimarães (2008) criou uma proposta de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável para bacias hidrográficas a ser aplicado no Brasil. Nessa metodologia, a autora propõe um índice reunido com 8 indicadores relacionados à dimensão social, 20 relacionados à dimensão ambiental, 8 de natureza econômica e 4 relacionados à dimensão institucional.

Lopes *et al* (2009), desenvolveram uma análise integrada dos fatores determinantes da sustentabilidade em um perímetro irrigado no Estado do Ceará empregando análise fatorial.

Matzenauer (2003) mostra um Método Multicritério em Apoio à Decisão para o planejamento de recursos hídricos de bacias hidrográficas, que além de agrupar vários critérios na avaliação de alternativas, segue uma abordagem construtivista, garante a participação de todos os atores envolvidos no processo de tomada de decisão. Para testar a aplicabilidade prática do método proposto foi escolhida a bacia hidrográfica do rio dos Sinos, localizada no estado do Rio Grande do Sul, foi construído um Modelo Multicritério de Avaliação de Alternativas para o Plano da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

Existem vários outros estudos e pesquisas que mostra o uso de técnicas de multicritérios no planejamento e gerenciamento de recursos hídricos que podem ser encontrados na literatura, o que demonstra a crescente preocupação por parte dos pesquisadores e a grande relevância dada ao tema.

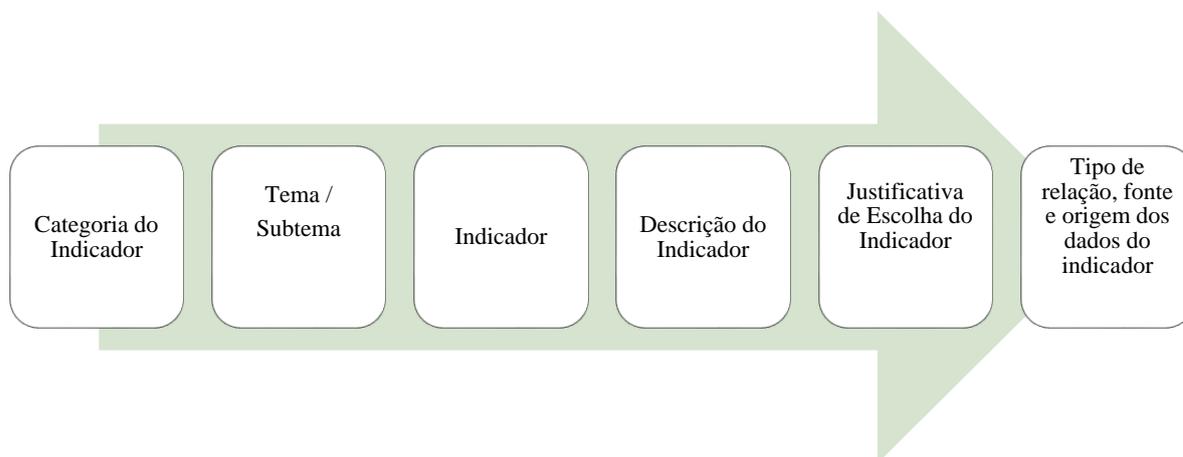
2.4 Sistema de indicadores para a gestão de recursos hídricos

Carvalho (2013) em sua tese de doutorado, desenvolveu um sistema de indicadores para a gestão de recursos hídricos em municípios através de uma abordagem a partir dos métodos multicritério e multidecisor.

Inicialmente foram realizadas várias técnicas de análise sistêmica para estruturar o modelo, posteriormente realizou - se várias discussões na etapa de *brainstorm* para selecionar os indicadores e as respectivas dimensões.

Os indicadores escolhidos foram selecionados após várias discussões que levaram a definição do indicador e dos respectivos parâmetros de escolha, que está representado na Fig. 2.

Figura 2 - Estrutura para a Definição dos Indicadores do Modelo



Fonte: Carvalho, 2013.

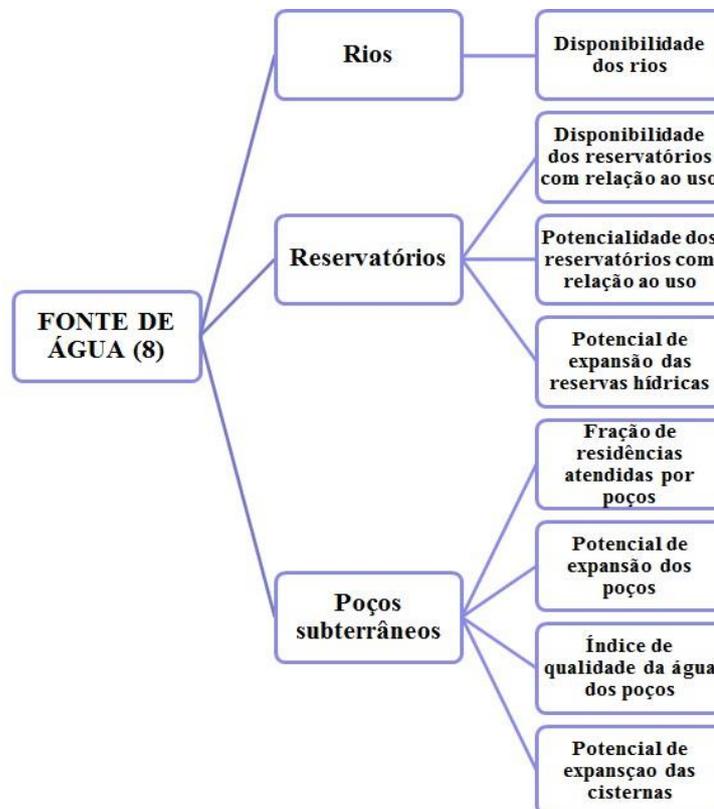
O Sistema de Indicadores para a Gestão de Recursos Hídricos em Municípios está estruturado em 6 dimensões e 40 indicadores. Procurou-se selecionar dimensões e indicadores que tivessem as seguintes distinções: 1) característica intrínseca com a gestão das águas de municípios; 2) tivesse caráter objetivo, ou seja, que fosse passível de mensurar; 3) fossem verificáveis (através de dados primários ou secundários); 4) tivesse parâmetros de comparação; e 5) que não houvesse redundância entre os indicadores; 6) que apresentasse relação implícita com a gestão das águas no contexto das cidades. As dimensões do modelo podem ser visualizadas na figura 03, bem como os indicadores são apresentados no fluxograma por dimensão nas figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9.

Figura 3 - Estrutura das dimensões do Modelo



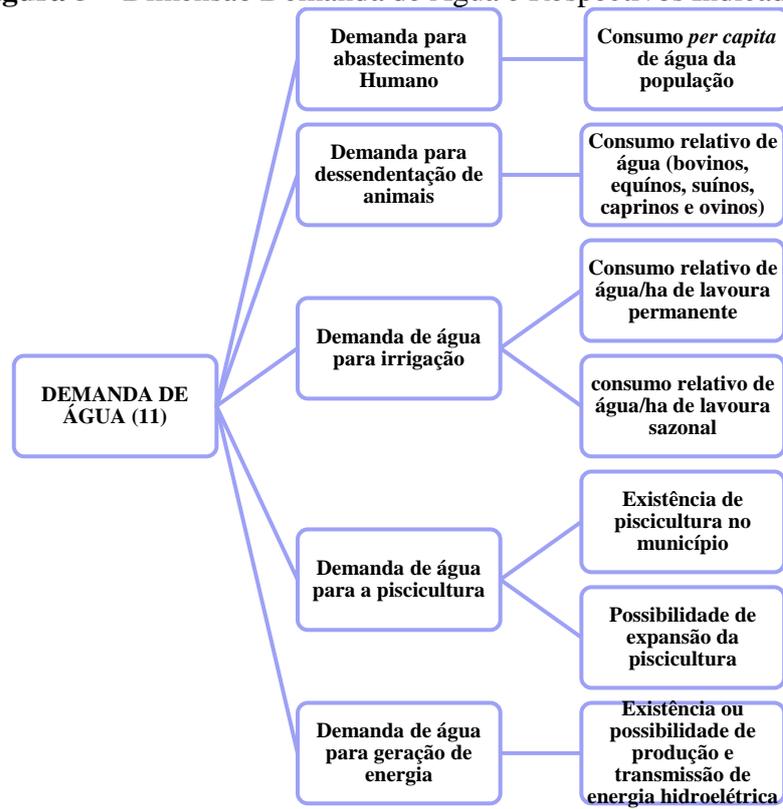
Fonte: Carvalho, 2013

Figura 4 – Dimensão Fontes de Água e Respective Indicadores



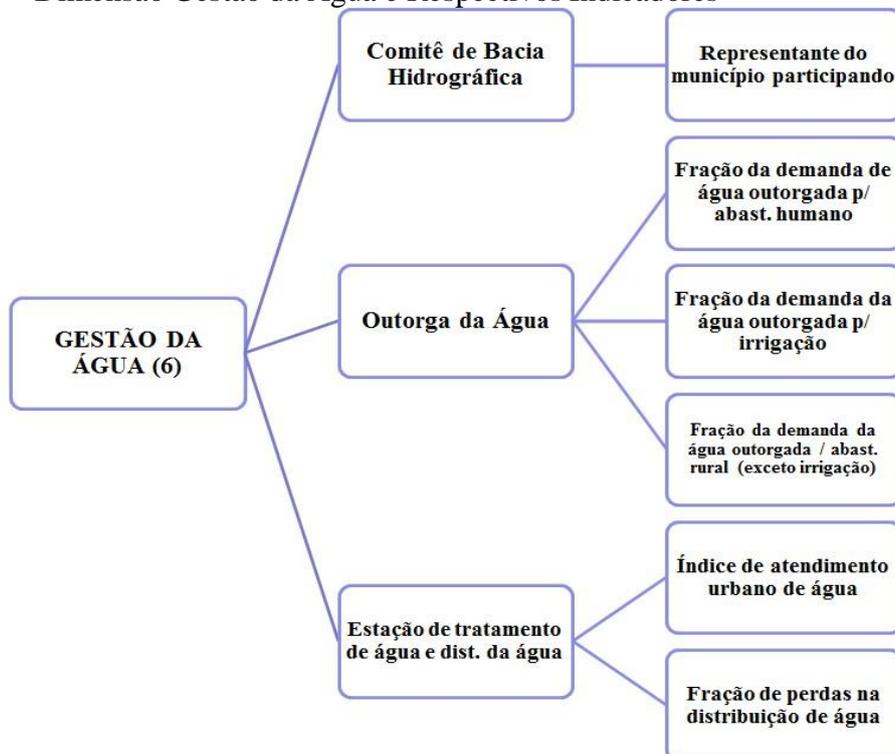
Fonte: Carvalho, 2013

Figura 5 – Dimensão Demanda de Água e Respectivos Indicadores



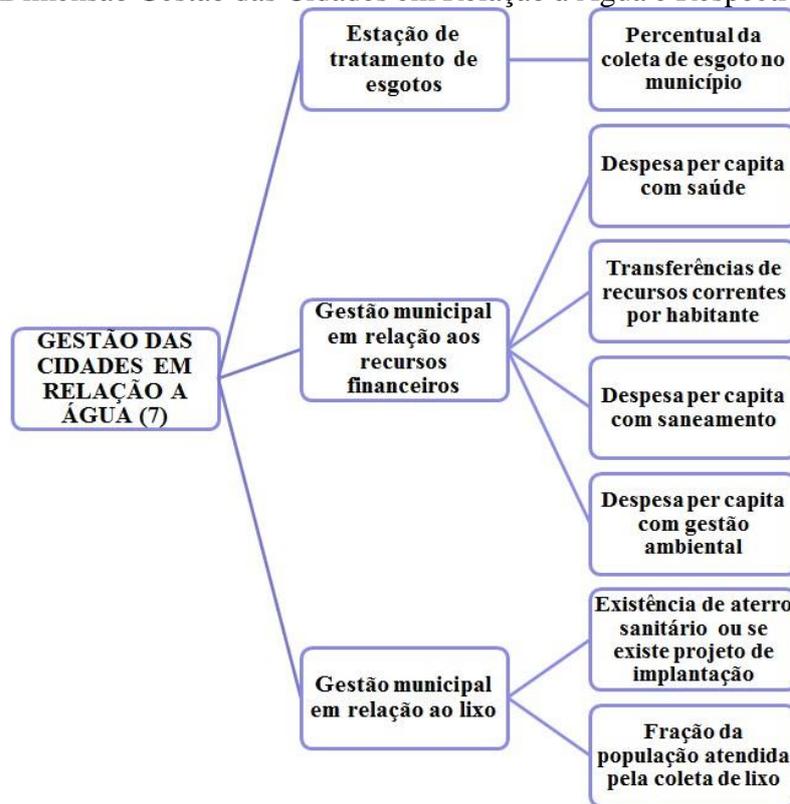
Fonte: Carvalho, 2013

Figura 6 – Dimensão Gestão da Água e Respectivos Indicadores



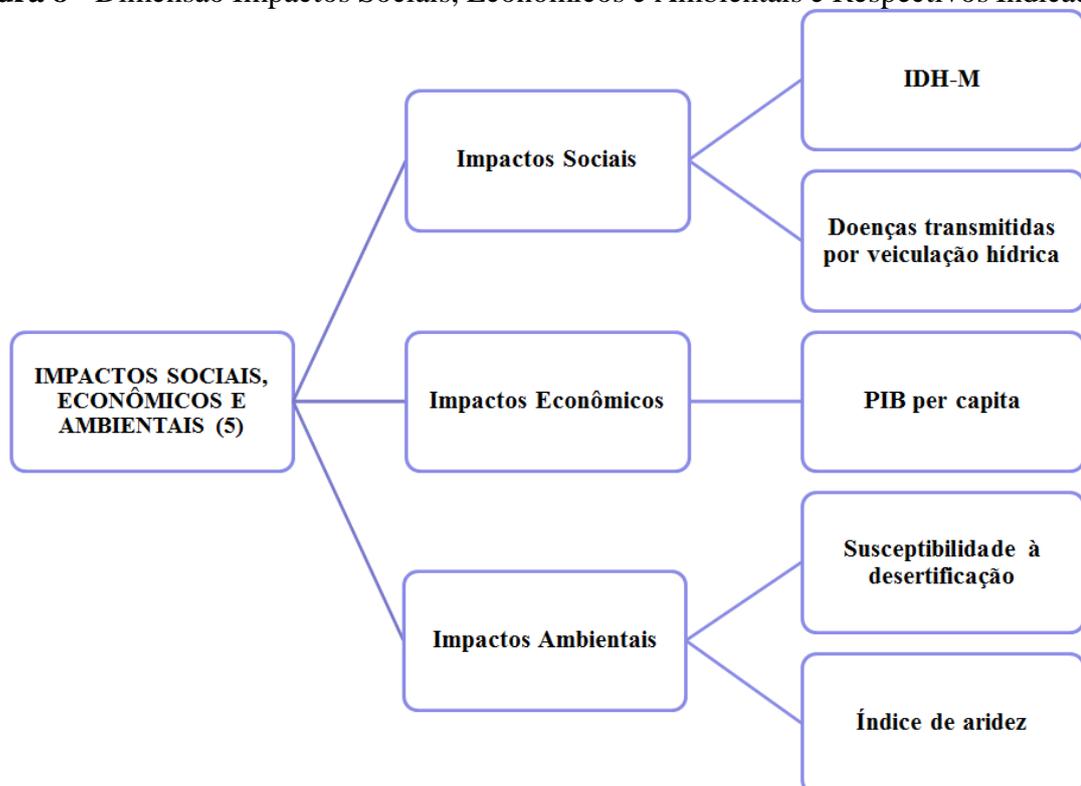
Fonte: Carvalho, 2013

Figura 7– Dimensão Gestão das Cidades em Relação à Água e Respectivos Indicadores



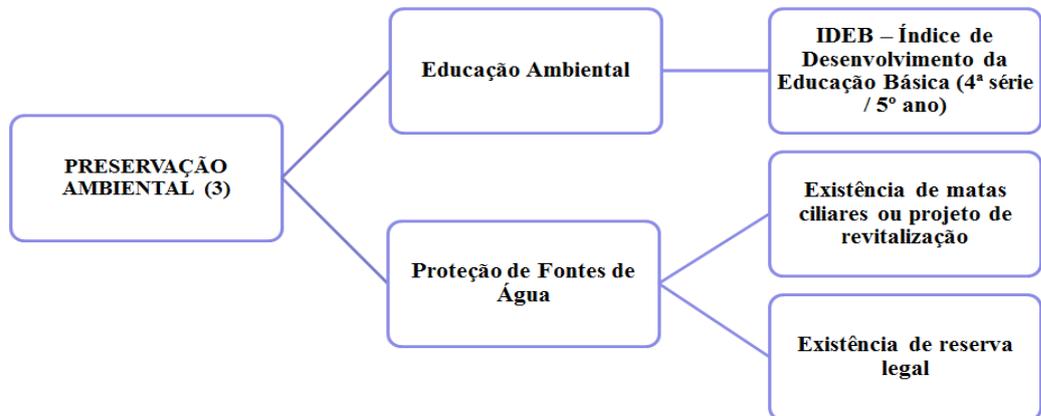
Fonte: Carvalho, 2013

Figura 8 - Dimensão Impactos Sociais, Econômicos e Ambientais e Respectivos Indicadores



Fonte: Carvalho, 2013

Figura 9 – Dimensão Preservação Ambiental e Respective Indicadores



Fonte: Carvalho, 2013

2.5 Analise Multicriterial

A história da análise multicriterial iniciou-se por volta de 1896 com um trabalho publicado por Pareto, em que examinou um problema de agregação de critérios dentro de um critério simples, definindo o conceito da eficiência entre duas alternativas de decisão, (MONTE 2013).

Segundo Gomes et al (2006) somente depois da primeira metade do século XX, as tomadas de decisão tinham base na esperança matemática. Com isso a partir do final da década de 60, surgiu a necessidade de resolver situações em que os decisores deveriam considerar diversos critérios simultaneamente (ACOLET, 2008).

Segundo Gonçalves (2011), foi a partir dos anos 70, que a nova fase do processo de apoio à decisão "começou a tomar forma e a organizar-se na comunidade científica, antes dispersa, interessada pelo “domínio do multicritério” a partir da célebre conferência de outubro de 1972 na Universidade da Carolina do Sul, organizada por James L. Cochrane e Milan Zeleny" (BANA E COSTA *et al.*, 1997).

Diante destes fatos, surgiram os métodos multicritério, que se caracterizam por considerar vários aspectos nos processos de tomada de decisão, avaliando as alternativas segundo um conjunto de critérios.

Portanto a avaliação de níveis de sustentabilidade entre cidades se torna um problema complexo. E é neste âmbito que o apoio multicritério a decisão pode ser utilizado como uma importante ferramenta no auxílio à tomada de decisão.

As etapas relativas à análise multicriterial, segundo Soares (2003), são:

- 1) Formulação do problema:** refere-se à definição do que se quer decidir;
- 2) Determinação de um conjunto de ações potenciais:** nesta fase os atores envolvidos na tomada de decisão devem constituir um conjunto de ações (alternativas) que atendam ao problema colocado;
- 3) Definição dos critérios:** são definidos os critérios de avaliação dos efeitos causados ao meio ambiente;
- 4) Avaliação dos critérios:** geralmente se dá através de uma matriz de avaliação ou tabela de performance;
- 5) Determinação de pesos dos critérios:** os pesos representam a importância relativa de cada critério;

6) Agregação dos critérios: após o preenchimento da matriz de avaliação e a definição de um modelo matemático, é feita a associação das avaliações dos diferentes critérios para cada ação.

Os métodos multicritério visam atingir basicamente dois objetivos: auxiliar no processo de escolher, ordenar ou classificar alternativas e incorporar múltiplos aspectos neste processo. Assim, a característica básica dos métodos multicritério é a necessidade de obter informações sobre as preferências dos decisores (MATZENAUER, 2003).

O surgimento dos métodos multicriteriais tornou possível a construção de modelos mais aproximados da realidade, considerando no processo decisório todas as interrelações necessárias à avaliação de cursos alternativos de ação. O objetivo desses métodos é o de propor ao menos uma solução que se encaixe nesses pontos de vista da maneira mais satisfatória possível.

Segundo Saaty (1996/1997), para que um modelo de tomada de decisão multicriterial, possa demonstrar eficientemente um sistema e conduzir à escolha da melhor alternativa, deve ser, simples de construção; adaptável tanto aos grupos quanto aos indivíduos; natural à nossa intuição e ao pensamento geral; encorajar a formação de compromisso e do consenso e não exigir uma especialização excessiva para comunicar e administrar.

2.6 Método PROMETHEE - Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation

O método PROMETHEE é resultante de pesquisas na Escola Francesa e vem sendo muito utilizado no Apoio Multicritério à Decisão, por ser um método de aplicação relativamente simples e por permitir que o decisor escolha o tipo de função de preferência, garantindo uma melhor modelagem das preferências.

Segundo Vincke (1992) esse método objetivo construir relações de sobreclassificação (intensidade de preferência multicritério), de valores em problemas de tomada de decisão. Ainda de acordo com Carvalho *et al.* (2011) as principais características deste método são simplicidade, clareza e estabilidade.

No processo de análise, o objetivo se decompõe em critérios e as comparações entre as alternativas são feitas no último nível de decomposição e aos pares, pelo estabelecimento de uma relação que acompanha as margens de preferência ditadas pelos agentes decisores (ARAÚJO e ALMEIDA, 2009).

Por se tratar de um método não compensatório que requer informações intercritério correspondente a relativa importância entre os vários objetivos, ou seja, pesos dos critérios. Esses pesos podem ser decorrentes de cálculos técnicos ou de expressões de julgamento de valor. (MORAIS e ALMEIDA, 2006).

O método PROMETHEE institui uma estrutura de preferência entre as alternativas discretas, comparando o desempenho das alternativas critério a critério, e assim, dispõe estas em ordem de prioridade. É possível variar o grau de preferência entre as mesmas, uma vez que permite estabelecer menor preferência para as pequenas diferenças e maior preferência para as grandes diferenças, a partir do conceito de pseudocritério (quando se utiliza as funções de preferência do tipo II ao tipo VI). Essa função indica a intensidade da preferência de uma alternativa em relação à outra, com o valor variando entre 0 e 1, onde o 0 caracteriza uma indiferença e 1 para preferência total (BRANS *et al.* 1986; ARAÚJO; ALMEIDA, 2009; BEHZADIAN, *et al.* 2010).

A família PROMETHEE possui seis versões e, desde que foi proposta, nunca deixou de se desenvolver e sofrer adaptações complementares, onde tem sido aplicado com êxito em vários problemas de diferentes naturezas. (CARVALHO, 2013).

Segundo Almeida e Costa (2002) a família do método PROMETHEE se divide em:

- **PROMETHEE I** – a interseção entre os fluxos anteriores estabelece uma relação de sobreclassificação parcial entre as alternativas.

- **PROMETHEE II** – classifica as alternativas, estabelecendo uma ordem decrescente de $\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$ (fluxo líquido); estabelece uma ordem completa entre as alternativas.
- **PROMETHEE III e IV** - foram desenvolvidas para o tratamento de problemas de decisão mais sofisticados, em particular com um componente estocástico.
- **PROMETHEE V** - nesta implementação, após estabelecer uma ordem completa entre as alternativas (PROMETHEE II), são introduzidas restrições, identificadas no problema para as alternativas selecionadas, incorporando uma filosofia de otimização inteira.
- **PROMETHEE VI** - quando o decisor não está apto ou não quer definir precisamente os pesos para os critérios, pode-se especificar intervalos de possíveis valores em lugar de um valor fixo para cada peso.
- **PROMETHEE GAIA** - Extensão dos resultados do PROMETHEE, através de um procedimento visual e interativo.

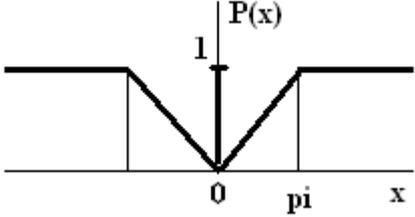
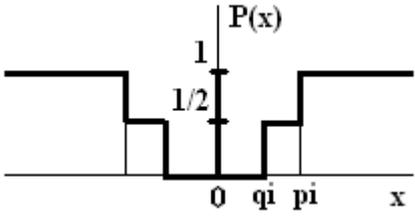
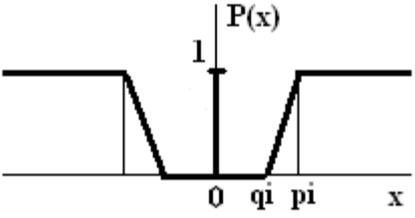
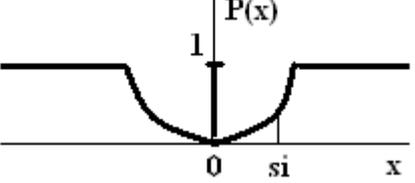
O tomador de decisões deve estabelecer para cada critério um peso (p_j) que aumenta com a importância do critério. São apresentadas seis formas diferentes para o decisor representar suas preferências no método PROMETHEE, não necessariamente usando a mesma forma para todos os critérios, são critérios gerais, usados para identificar a intensidade da preferência (ALMEIDA & COSTA, 2002).

Santos (2009) descreve os tipos das funções de preferência do método PROMETHEE. Está representado graficamente no quadro 01.

TIPO I (Usual): Quando o desvio $d(a, b)$ entre as alternativas “a” e “b” for maior que zero, isto é, para a alternativa “a” o critério “i” assumir maior valor, a função de preferência assume valor um, neste caso a alternativa “a” é preferível a “b”. Caso contrário, a função de preferência é zero e não existe preferência absoluta da alternativa “a” sobre a alternativa “b”.

TIPO II (U-shape): O intervalo delimitado por $x_i \leq q_i$, caracteriza uma região de indiferença com relação a preferência da alternativa “a” sobre a alternativa “b”, relativo ao critério “i” e a função de preferência assume o valor “0”. Para desvios maiores que q_i a função de preferência é igual a “1” e a alternativa “a” tem preferência absoluta sobre a alternativa “b”.

TIPO III (V-shape): No intervalo compreendido entre $x_i \leq p_i$, é estabelecido um aumento linear da intensidade da preferência da alternativa “a” sobre a alternativa “b”, proporcional ao desvio de valores do critério i . A partir deste valor a alternativa “a” passa a ter preferência absoluta sobre a alternativa “b”.

<p>Tipo III: Tipo V</p> <p>x_i /p_i se $x_i \leq p_i$</p> <p>$P_{III}(x_i) =$</p> <p>1 se $x_i > p_i$</p>		<p>p_i</p>
<p>Tipo IV: Tipo Escada</p> <p>0 se $x_i \leq q_i$</p> <p>$P_{IV}(x_i) =$</p> <p>$\frac{1}{2}$ se $q_i < x_i \leq p_i$</p>		<p>q_i, p_i</p>
<p>Tipo V: Tipo V com indiferença</p> <p>0 se $x_i \leq q_i$</p> <p>$P_V(x_i) = (x_i - q_i)/(p_i - q_i)$ se $q_i < x_i \leq p_i$</p> <p>1 se $x_i > p_i$</p>		<p>q_i, p_i</p>
<p>Tipo VI: Tipo Gaussiana</p> <p>$P_{VI}(x_i) = 1 - e^{-\frac{x_i^2}{2s_i^2}}$</p>		<p>s_i</p>

Fonte: (Braga e Gobetti, 2002):

Estabelecida a comparação paritária entre as alternativas e os critérios, se faz necessário avaliar os fluxos positivos e negativos das avaliações. Conforme mostra Moraes e Almeida (2006), Behzadian et al (2010), as etapas de como realizar essa análise.

- I. $\pi(a,b)$ é o grau de sobreclassificação de “a” em relação a “b”, também chamado de intensidade de preferência multicritério. É calculado por:

$$\pi(a,b) = \frac{1}{W} \sum_j^n w_j F_j(a, b) \quad (1)$$

onde, $W = \sum_j^n w_j$

Sendo:

n é o indicador

w_j é o peso do indicador j

$F_j(a,b)$ é a função de preferência, valor que varia de 0 a 1 e representa o comportamento ou atitude do decisor frente as diferenças provenientes da comparação par a par entre as alternativas, para um dado critério, indicando a intensidade da preferência da diferença $g_j(a) - g_j(b)$.

- II. $\phi^+(a)$ é chamado de fluxo de saída e representa a média de todos os graus de sobreclassificação de a , com respeito a todas as outras alternativas. É dado pela expressão:

$$\phi^+(a) = \sum_{b \in A} \frac{\pi(a,b)}{n-1} \quad (2)$$

Em que, A é o conjunto de todas as alternativas.

Quanto maior $\phi^+(a)$, melhor a alternativa.

- III. $\phi^-(a)$ é chamado de fluxo de entrada, representando a média de todos os graus de sobreclassificação de todas as outras alternativas sobre a . É dado pela expressão:

$$\phi^-(a) = \sum_{b \in A} \frac{\pi(b,a)}{n-1} \quad (3)$$

Quanto menor $\phi^-(a)$, melhor é a alternativa.

- IV. $\phi(a)$ é chamado de fluxo líquido de sobreclassificação e representa o balanço entre o poder e a fraqueza da alternativa.

É dado pela expressão:

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (4)$$

Quanto maior $\phi(a)$, melhor a alternativa.

Diante dos métodos apresentados, optou-se utilizar o PROMETHEE II para ser usado na pesquisa por sua vantagem em requerer uma informação adicional muito clara, que pode ser facilmente obtida e gerenciada tanto pelo tomador de decisões como pelo analista destacando suas características intrínsecas, relacionadas a objetividade e flexibilidade.

3 Aspectos metodológicos

Neste capítulo é apresentado a metodologia utilizada para desenvolver a pesquisa, que foi baseada na metodologia desenvolvida por Carvalho (2013). No qual fundamenta-se na análise da gestão dos recursos hídricos de municípios, utilizando 36 indicadores distribuídos em seis dimensões. A área de estudo é a Unidade de Planejamento do Baixo Rio Sergipe que fica localizado no Estado de Sergipe, englobando 14 municípios.

3.1 Recorte Geográfico e Temporal da Pesquisa

A área escolhida para realizar a pesquisa foi a Unidade de Planejamento do Baixo Rio Sergipe, que fica na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, durante o ano de 2014. Esta região foi escolhida por ser uma sub bacia de fundamental importância socioeconômica e ambiental para o estado de Sergipe, nela se encontra localizado aproximadamente 50% da população do estado. Fato que comprova o acelerado processo de urbanização em curso na bacia hidrográfica, nas últimas décadas, responsável pelo grande passivo ambiental da região e uma significativa transposição de águas provenientes do Rio São Francisco.

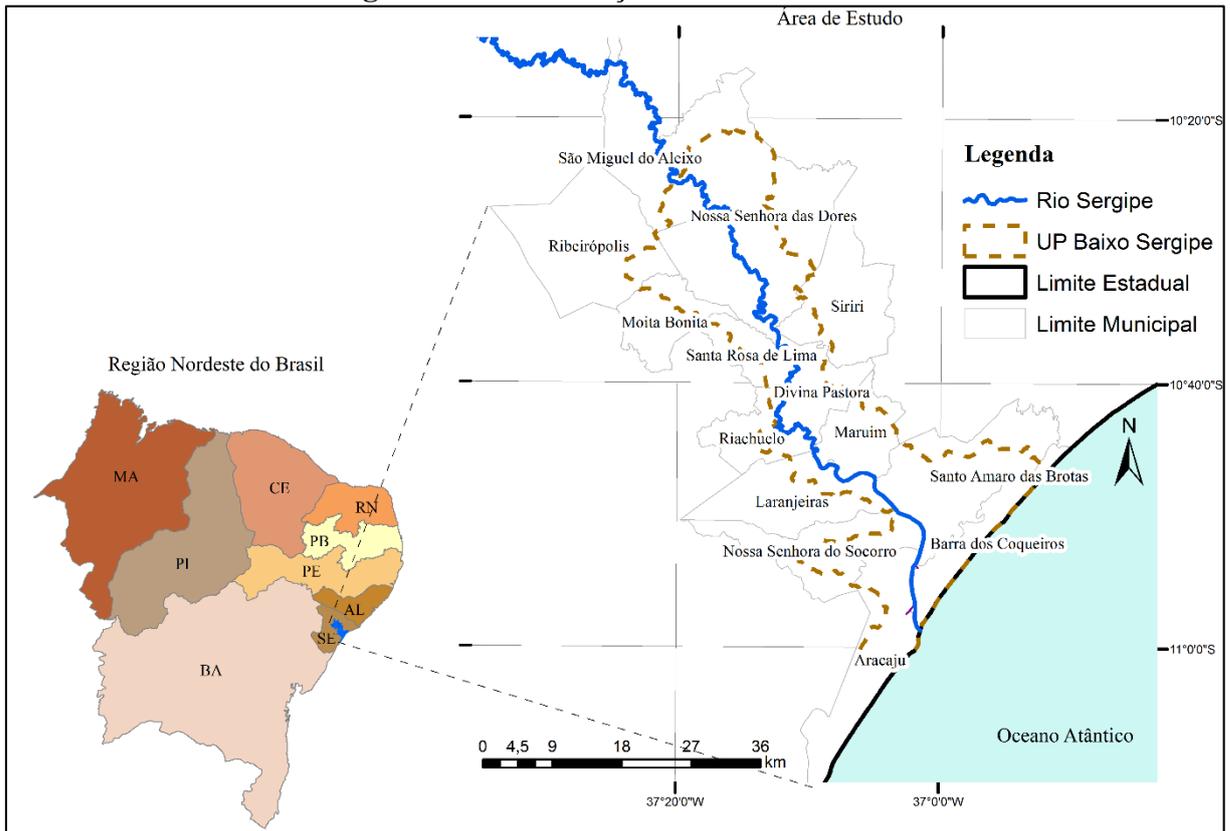
3.2 Localização da área de estudo

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos PERH – SE (2010), a bacia hidrográfica do Rio Sergipe situa-se no quadrante de coordenadas geográficas com latitudes 10°08'00'' e 11°04'00'' S, e longitudes 36°50'00'' e 37°50'00'' W, drenando uma área total de 3.673 km² no estado de Sergipe. O curso d'água principal é o rio Sergipe, com nascente na Serra da Boa Vista (BA), próxima à divisa dos estados da Bahia e Sergipe (município de Poço Redondo) e desembocadura no Oceano Atlântico entre os municípios de Aracaju e Barra dos Coqueiros. O Rio Sergipe tem uma extensão total de 206,55 km, possuindo um regime hidrológico composto de escoamentos intermitentes em seu tramo alto e médio e perene a jusante do município de Nossa Senhora das Dores. Seus principais afluentes são os rios: Poxim, Pitanga, Cotinguiba, Jacarecica, do Sal e Ganhamoroba.

A UP do baixo rio Sergipe possui uma área total de 1050,04 Km², possui população estimada de 958128 habitantes (IBGE, 2013), o comprimento do rio Sergipe é de aproximadamente 127 Km, segundo o Atlas Digital sobre recursos hídricos (2014).

Essa UP foi escolhida para testar a viabilidade do modelo e abrange quatorze municípios: Aracaju, Barra dos Coqueiros, Divina Pastora, Laranjeiras, Maruim, Moita Bonita, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora do Socorro, Riachuelo, Ribeirópolis, Santa Rosa de Lima, Santo Amaro das Brotas, São Miguel do Aleixo e Siriri, que pode ser visualizada na Fig. 11.

Figura 10 - Localização da área de estudo



Fonte: O próprio autor

3.2.1 Clima

De acordo com o PERH – SE (2010), o rio Sergipe corta o Estado no sentido Oeste-Leste configurando três regiões climáticas distintas:

- região Subúmida: representando 18,01% da bacia, possui temperatura variando de 19°C a 30°C, evapotranspiração anual de 1.400 mm e pluviometria média anual de 1.500 mm.
- região de Agreste: fazendo parte de 23,62% da bacia, a temperatura varia entre 18°C e 34°C, possui evapotranspiração anual de 1.600 mm e pluviometria média anual de 850 mm.

- região Semiárida: configura-se 58,37% da bacia, com a temperatura variando entre 16°C e 34°C, evapotranspiração anual de 1.700 mm e pluviometria média anual de 700 mm.

3.2.2 Vegetação

Sua vegetação é formada por Mata Atlântica, Manguezais e Caatinga. As florestas estacional, decidual e semidecidual, originalmente presentes no Agreste de Sergipe, foram quase inteiramente substituídas por pastagens e cultivos agrícolas, restando poucos e pequenos fragmentos isolados. Esses fragmentos de Mata Atlântica estão localizados na zona litorânea compreendendo uma faixa de aproximadamente 40 km de largura (LANDIM e FONSECA, 2007). A área total da Mata Atlântica de Sergipe, a partir de imagens de 1997, consiste de cerca de 85.000 ha, aproximadamente 0,04% da área total do estado.

3.2.3 Relevo

O relevo do estado de Sergipe é pouco ondulado, constituído por um modelado suave com áreas planas e altitudes modestas que vão aumentando em direção ao interior, interrompido localmente por elevações com denominações de serras que constituem os pontos mais elevados do estado.

Condições estas que justifica a não utilização dos indicadores: potencialidade dos reservatórios; disponibilidade dos reservatórios; a existência, produção e transmissão de energia elétrica no município, provenientes dos indicadores proposto por Carvalho (2013), porque segundo o PERH- SE (2010), o relevo da bacia hidrográfica da UP do Baixo Rio Sergipe foi objeto de uma análise cartográfica sumária, verificando-se que são poucas as indicações de locais favoráveis a implantação de barramentos com capacidade de armazenamento superior a 10 milhões de metros cúbicos. O aproveitamento recomendado para locais com as características hidrológicas e de relevo similares a essa UP, é também a implementação de pequenas barragens vertedoras de concreto com operação interanual, ou seja, com regularização dos excessos do período chuvoso, de modo a serem consumidos integralmente no período estiado anual, sem qualquer garantia plurianual. Tais barramentos requerem cuidados especiais de construção, considerando a necessidade de sua fundação assentar-se sobre rocha sã com ombreiras protegidas contra enchentes de recorrências superiores a 50 anos. A experiência desastrosa de barragens que não observaram tais requisitos mínimos de segurança indica ser este tipo de barramento de elevado risco, tendo em vista que, na maioria dos casos, em busca

de redução dos custos de construção, não são observados os itens de segurança exigidos por tais empreendimentos. A operação destes barramentos também exige cuidados especiais, pois se destinam exclusivamente a complementar, nos anos chuvosos, os requerimentos hídricos de pequenos projetos, durante os meses de recessão dos rios. Uma boa estrutura de apoio técnico e controle operacional destes barramentos é imprescindível para o sucesso deste tipo de empreendimento, que deveria contar não só com sistema de financiamento da implantação do empreendimento, como também de seguro agrícola para garantir a sobrevivência econômica dos pequenos projetos de irrigação, nos anos em que os deflúvios não forem suficientes para atender as demandas hídricas.

Conforme o PERH – SE (2010), no período seco anual, que ocorre frequentemente entre os meses de setembro e março, as descargas com permanência de 90% atingem no ponto de controle hidrológico dessa UP valores entre 3,30 e 0,21 m³/s; estes valores causam restrições a projetos que demandam disponibilidade hídrica garantida de elevado consumo de água. No seu tramo final, a topografia excessivamente plana não oferece condições para implementação nem mesmo de represas de pequeno porte. A regularidade das precipitações nesta Unidade de Planejamento reduz os riscos de que venham a ocorrer sequências de até dois anos consecutivos com precipitações insuficientes para atender as pequenas necessidades hídricas anuais.

Um outro aspecto negativo à construção de barramentos em áreas de relevo suave ondulado, está no espraiamento que a bacia hidráulica alcança quando o reservatório atinge cotas altas, inundando grandes porções de terras agricultáveis.

3.3 Classificação Metodológica da Pesquisa

A pesquisa segue a seguinte classificação: Quanto aos objetivos, quanto aos procedimentos, quanto à natureza, quanto à abordagem do problema e quanto ao local de estudo.

Quanto aos objetivos, classifica-se como exploratória e descritiva. A pesquisa exploratória é o primeiro passo de toda pesquisa científica, com a finalidade de proporcionar maiores informações sobre determinado assunto, isto é, objetiva maior familiaridade com o problema (ANDRADE, 2010). Descritiva, porque são descritas características da gestão dos recursos hídricos dos municípios da área de estudo, na qual se propôs a investigar, descobrir as características de um fenômeno como tal.

Quanto aos procedimentos, constitui-se como um estudo de caso, como bibliográfica. O estudo de caso é quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento. Pesquisa bibliográfica é quando é elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e, atualmente, material disponibilizado na Internet. Uma vez que todas as pesquisas necessitam de um referencial teórico.

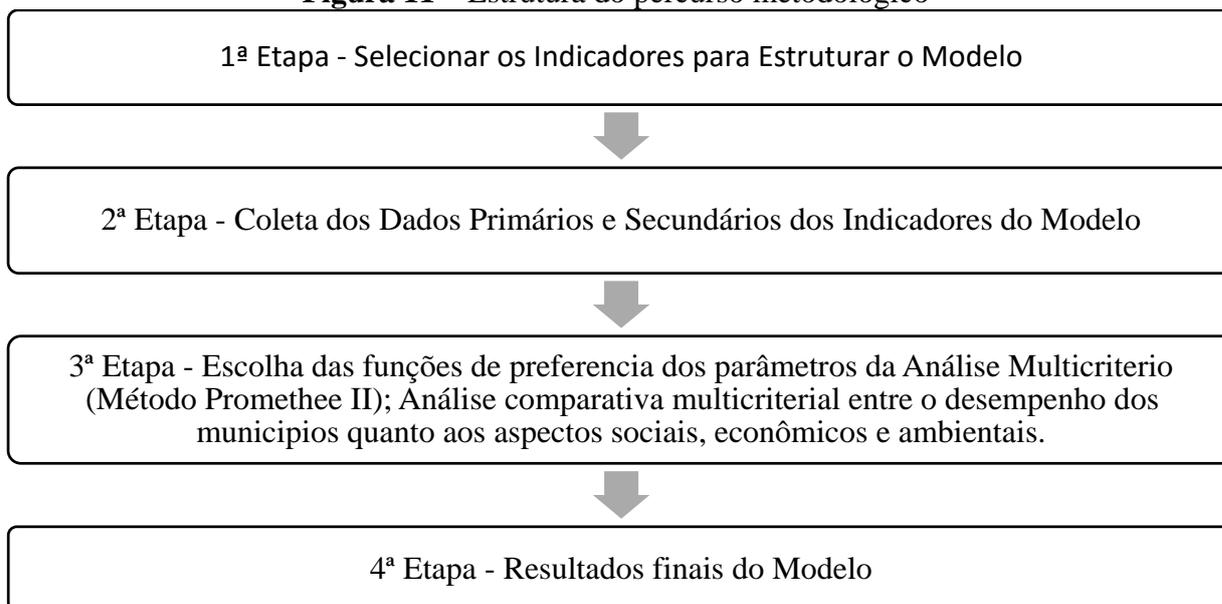
Quanto a natureza, classifica-se como uma pesquisa aplicada que objetiva gerar conhecimentos práticos e dirigida à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais, tendo como propósito resolver um problema específico, que provavelmente resultará em um produto diretamente aplicado, buscando atender as demandas sociais (SOUZA *et al.*, 2007).

Quanto à abordagem do problema, classifica-se como quantitativa, já que se pretende utilizar as técnicas para avaliação quantitativa e que o processo de construção de um trabalho científico, dependendo da natureza das informações, dos dados e das evidências levantadas, poderá empreender uma avaliação quantitativa isto é: organizar, sumarizar, caracterizar e interpretar dados numéricos coletados (MARTINS; THEÓPHILO, 2009). Notadamente, procurar-se-á por fatos e causas do fenômeno a ser estudado através de medições de variáveis. A pesquisa (ou o método) quantitativa caracteriza-se pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas, desde as mais simples às mais complexas (RICHARDSON *et al.*, 2007).

Quanto o local de estudo, a aplicação da pesquisa foi nos municípios que fica inseridos na Unidade de Planejamento do baixo Rio Sergipe - SE. Nesta UP estão localizados 14 municípios: Aracaju, Barra dos Coqueiros, Divina Pastora, Laranjeiras, Maruim, Moita Bonita, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora do Socorro, Ribeirópolis, Riachuelo, São Miguel do Aleixo, Santo Amaro das Brotas, Santa Rosa de Lima e Siriri.

3.4 Percurso Metodológico

A estrutura do modelo contempla quatro etapas que subsidiaram os resultados do trabalho, que está exposta na Fig. 10.

Figura 11 – Estrutura do percurso metodológico

Fonte: O próprio autor.

Na **primeira etapa** realizou - se a escolha dos indicadores para estruturar o modelo, no qual foram selecionados 36 indicadores, que melhor se adequassem à região de estudo, distribuídos em seis dimensões. Cujas escolhas levaram em consideração aqueles relacionados a aspectos econômicos, sociais e ambientais em relação à gestão dos recursos hídricos dos municípios. Que pudesse retratar a situação em que encontra-se os recursos hídricos dos municípios envolvidos na área de estudo. Portanto dos 40 indicadores sugeridos por Carvalho (2013), utilizou-se 36 indicadores, porque a área objeto de estudo não disponibiliza informações a respeito dos 4 indicadores restantes.

Na **segunda etapa** realizou-se a coleta dos dados primários e secundários do modelo levando em consideração as características próprias de cada indicador, sua objetividade (capacidade de mensuração), comparação e ausência de redundância, no intuito de construir um conjunto de informações interdependentes e interagentes combinados em dimensões para que fosse possível analisar as formas de contribuição referentes à utilização de critérios de gestão de recursos hídricos para avaliação da performance dos municípios quanto às disponibilidades, demandas da água, gestão da água, gestão das cidades em relação à água, impactos econômicos, sociais, ambientais e preservação.

Nessa fase concentrou mais tempo a fim de esgotar todas as possibilidades de buscas por dados. Toda pesquisa que envolve indicadores, torna-se um trabalho penoso e exaustivo, porque a busca para a maioria das informações que se encontram nos órgãos governamentais e nas

sedes municipais, e nem sempre obtemos essas informações na primeira viagem, seja porque o funcionário estava de férias ou de atestado médico, outro fator que contribui para demora na obtenção das informações é no período eleitoral que com base em um decreto emitido pela Justiça Eleitoral, não pode disponibilizar certas informações em páginas de internet, que muitas das vezes são essenciais para a pesquisa, em certos casos em que as pessoas não repassam os dados porque tem receio de ser utilizado em campanha eleitoral contra os candidatos e etc. Os parâmetros de seleção dos indicadores estão detalhados no quadro 2.

Quadro 2 - Sistema de Indicadores de Gestão dos Recursos Hídricos para Municípios

CATEGORIAS	TEMAS/ SUBTEMAS	INDICADORES	DESCRIÇÃO	JUSTIFICATIVA	FÓRMULA	TIPO DE RELAÇÃO DO INDICADOR / FONTE / ORIGEM DOS DADOS
1. FONTES DE ÁGUA	Rios	1. Disponibilidade hídrica superficial.	Consiste na quantidade de água disponível nos rios para atender às necessidades do município. É indicada pela quantidade de água, dentro do risco estabelecido, que será possível obter-se numa bacia de contribuição através da implantação de obras hidráulicas de retenção e liberação controlada. (PERH-SE, 2010). Utilizou-se a Q_{90} como referência.	A maior disponibilidade relativa permitirá verificar possibilidades de atendimento ou expansão às demandas hídricas (cidades ribeirinhas ou que captam água em rios).	A vazão específica é igual a vazão regularizada em 90% do tempo / pela área da bacia. A disponibilidade hídrica é igual a vazão específica X a área do município. (m^3 / s).	Relação: Positiva (maximizar) Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-SE, 2010). Origem dos dados: Secundários
	Poços Subterrâneos	2. Fração das residências atendidas por poço subterrâneo.	Indica a fração (percentual) das residências do município que são atendidas por poços subterrâneos.	Trata-se de uma estimativa relacionada à população total do município que está sendo atendida por poços subterrâneos, ou seja, a quantidade de poços subterrâneos que está contribuindo para atender a demanda local de água. Nesse indicador serão utilizadas as informações relacionadas a quantidade de poços de água doce, salobra e salgada.	Quantidade de poços subterrâneos no município / N° de residências no município. Se for, por exemplo, poço artesiano administrado por uma companhia de água, pode-se calcular a relação entre a vazão bombeada e a vazão consumida.	Relação: Positiva (maximizar) Fonte: DESO (2013); INCRA (2010); COHIDRO(2010); Atlas Digital(2010). Origem dos dados: Secundários
		3. Potencial de expansão dos poços subterrâneos.	Demonstra se no município existe potencial de expansão dos poços subterrâneos para atender as demandas de água.	A existência do potencial de expansão dos poços no município implica em melhores condições para atender as necessidades dos vários usos da água, desde que se busquem meios para planejar a sua utilização.	Sim (1); Não (0) O critério para classificar os municípios foi feito considerando a qualidade da água dos poços subterrâneos, ou seja, para os municípios que dispõem de água subterrânea com característica doce (boa) atribuiu-se o valor 1 e para os municípios com característica da água salobra ou ruim (ruim) atribuiu-se valor 0.	Relação: Positiva (maximizar) Fonte: PERH – SE (2010); DESO (2013). Origem dos dados: Primários e Secundários
		4. Índice de qualidade da água dos poços subterrâneos	Retrata a qualidade da água dos poços subterrâneos da região (classe 1 (doce) – águas com salinidade igual	Entende-se que quanto maior as disponibilidades hídricas subterrâneas do município, melhor poderão ser as estratégias para o	Sim (1); Não (0). O critério para classificar os municípios foi feito considerando a	Relação: Positiva (maximizar)

			ou inferior a 0,5 %; classe 2 (salgada) – águas com salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %; classe salobra - águas com salinidade igual ou superior a 30 %.	seu uso e atendimento às necessidades locais.	qualidade da água dos poços subterrâneos, ou seja, para os municípios que dispõem de água subterrânea com característica doce (boa) atribuiu-se o valor 1 e para os municípios com característica da água salobra ou ruim (ruim) atribuiu-se valor 0.	Fonte: INCRA (2010); COHIDRO(2010); Atlas Digital(2010). Origem dos dados: Secundários
	Captação de água de chuva	5. Potencial de expansão das cisternas.	Demonstra se no município existe potencial de expansão das cisternas para atender as demandas de água.	A existência do potencial de expansão cisternas depende de investimentos a ser realizado, o que implica em melhores condições para atender as necessidades dos vários usos da água.	(1) Sim; (0) Não; ou caso não existam informações disponíveis para o município.	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: Informação pode ser disponibilizada pelo Governo do Estado ou órgão responsável do município. Origem dos dados: Secundários
2.DEMANDA DE ÁGUA	Demanda para Abastecimento Humano	6. Consumo <i>per capita</i> de água da população	Refere-se à estimativa de consumo água consumida por cada um dos consumidores do município.	Fornecer indícios se o sistema que abastece a população garante as demandas, para atender as necessidades dos usuários de água. Essa informação pode fornecer subsídios quanto a definição de estratégias relacionadas a gestão do sistema de abastecimento.	Adotou-se o critério utilizado pelo SNIS. (disponibiliza informações de consumo para cada município).	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: SNIS (2011) Origem dos dados: Secundários
	Demanda para dessedentação de animais	7. Consumo relativo de água da bovinocultura com relação ao consumo dos animais do município.	Refere-se à fração relativa de água consumida por bovinos com relação à demanda de água do município.	Entende-se que o consumo relativo dos bovinos em relação à demanda do município indica o impacto desta atividade no consumo de água do município.	Estimativa de consumo por cabeça/dia (litros) multiplicado pelo número de cabeças na referida localidade dividido pela demanda por água do município (abastecimento humano e dessedentação animal).	Relação: Positiva (Maximizar). Fonte: IBGE (2012); PERH-SE (2010). Origem dos dados: Secundários
		8. Consumo relativo de água da equinocultura com relação ao consumo dos animais do município.	Refere-se à fração relativa de água consumida por equinos com relação à demanda de água do município.	Entende-se que o consumo relativo dos equinos em relação à demanda do município indica o impacto desta atividade no consumo de água do município.	Estimativa de consumo por cabeça/dia (litros) multiplicado pelo número de cabeças na referida localidade dividido pela demanda por água do município (abastecimento humano e dessedentação animal).	Relação: Positiva (Maximizar). Fonte: IBGE (2012); PERH-SE (2010). Origem dos dados: Secundários
		9. Consumo relativo de água da suinocultura com relação ao consumo dos	Refere-se à fração relativa de água consumida por suínos com relação à demanda de água do município.	Entende-se que o consumo relativo dos suínos em relação à demanda do município indica o impacto desta atividade no consumo de água do município.	Estimativa de consumo por cabeça / dia (litros) multiplicado pelo número de cabeças na referida localidade dividido pela demanda por água do município (abastecimento humano e dessedentação animal).	Relação: Positiva (Maximizar). Fonte: IBGE (2012); PERH-SE (2010). Origem dos dados: Secundários

		animais do município.				
		10. Consumo relativo de água da caprinocultura com relação ao consumo dos animais do município.	Refere-se à fração relativa de água consumida por caprinos com relação à demanda de água do município.	Entende-se que o consumo relativo dos caprinos em relação à demanda do município indica o impacto desta atividade no consumo de água do município.	Estimativa de consumo por cabeça / dia (litros) multiplicado pelo número de cabeças na referida localidade dividido pela demanda por água do município (abastecimento humano e dessedentação animal).	Relação: Positiva (Maximizar). Fonte: IBGE (2012); PERH-SE (2010). Origem dos dados: Secundários
		11. Consumo relativo de água da ovinocultura com relação ao consumo dos animais do município.	Refere-se à fração relativa de água consumida por ovinos com relação à demanda de água do município.	Entende-se que o consumo relativo dos ovinos em relação à demanda do município indica o impacto desta atividade no consumo de água do município.	Estimativa de consumo por cabeça / dia (litros) multiplicado pelo número de cabeças na referida localidade dividido pela demanda por água do município (abastecimento humano e dessedentação animal).	Relação: Positiva (Maximizar). Fonte: IBGE (2012); PERH-SE (2010). Origem dos dados: Secundários
	Demanda de Água para Irrigação	12. Consumo relativo de água por hectare de lavoura permanente.	Refere-se à fração relativa de água consumida pela lavoura permanente no município. Deve-se identificar o (s) tipo (s) de cultura (s) predominante (s) de cada município.	Argumenta-se que quanto menor a fração relativa de água consumida por hectare irrigado (cultura permanente) de determinado município, maiores serão as estratégias relacionadas à gestão dos recursos hídricos e consequentemente, maiores podem ser ganhos sociais, econômicos e ambientais do município.	Estimativa de consumo por hectare / dia multiplicado pelo número de hectares de lavouras permanentes dividido pela demanda de água utilizada na irrigação do município.	Relação: Positiva (Maximizar). Fonte: IBGE (2012); PERH-SE (2010). Origem dos dados: Secundários
		13. Consumo relativo de água por hectare de lavoura sazonal	Refere-se à fração relativa de água consumida pela lavoura sazonal no município. Deve-se identificar o (s) tipo (s) de cultura (s) predominante (s) de cada município.	Argumenta-se que quanto menor a fração relativa de água consumida por hectare irrigado (cultura sazonal) de determinado município, maiores serão as estratégias relacionadas à gestão dos recursos hídricos e consequentemente, maiores podem ser ganhos sociais, econômicos e ambientais do município.	Estimativa de consumo por hectare / dia multiplicado pelo número de hectares de lavouras sazonais dividido pela demanda de água utilizada na irrigação do município.	Relação: Positiva (Maximizar). Fonte: IBGE (2012); PERH-SE (2010). Origem dos dados: Secundários
		14. Existência de piscicultura no município	Informa se no município existe criatórios de peixes.	A justificativa para adotar esse indicador vem do fato de que a piscicultura está se desenvolvendo de maneira progressiva em todo o mundo. Notadamente pelo avanço tecnológico na área de nutrição, genética e instalações, influenciada também pelo	Sim (1); Não (0).	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: Informações disponibilizadas pelo gestor municipal ou pela secretaria responsável. Origem dos dados: Primários.

				aumento da demanda e redução nos estoques naturais (CURI; CURI, 2011).		
	Demanda de Água para Piscicultura	15. Possibilidade de expansão da piscicultura no município	Informa se no município existe possibilidade de expansão da piscicultura.	A justificativa para adotar esse indicador vem do fato de que a piscicultura está se desenvolvendo de maneira progressiva em todo o mundo. O raciocínio adotado para esse indicador foi o seguinte: o município que dispôr de reservatórios funcionando podem subsidiar políticas públicas para implementação desse tipo de atividade, uma vez que, exige baixo investimento.	Sim (1); Não (0).	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: Informações disponibilizadas pelo gestor municipal ou pela secretaria responsável. Origem dos dados: Primários.
3. GESTÃO DA ÁGUA	Comitê de Bacia Hidrográfica	16. Representante do município participando do comitê de bacia hidrográfica.	Identifica se no município existe algum representante local participando das deliberações do comitê de bacia hidrográfica.	A participação de representantes locais contribui significativamente para direcionar os anseios da sociedade local em relação a políticas de gestão da água e consequente para o desenvolvimento sustentável local.	Sim (1); Não (0).	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe. Origem dos dados: Primários.
	Outorga da Água	17. Fração da demanda de água outorgada para abastecimento humano.	Indica o volume anual em m ³ que foram destinados à outorga para abastecimento humano no município, ou seja, quanto da água que foi disponibilizada para a população que foi outorgada para essa finalidade.	A justificativa para a adoção desse indicador se alicerça no fato de que a outorga é um instrumento que assegura ao interessado o direito de utilizar a água de uma determinada fonte hídrica, com uma vazão e finalidade para o abastecimento humano e por um período definido.	Volume anual de água outorgado para abastecimento humano / Volume anual total outorgado em m ³ .	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: (SEMARH- SRH, 2014) Origem dos dados: Secundários.
		18. Fração da demanda de água outorgada para atendimento industrial.	Indica o volume anual em m ³ que foram destinados à outorga para atendimento industrial no município, ou seja, quanto da água que foi disponibilizada para as indústrias que foi outorgada para essa finalidade.	A justificativa para a adoção desse indicador se alicerça no fato de que a outorga é um instrumento que assegura ao interessado o direito de utilizar a água de uma determinada fonte hídrica, com uma vazão e finalidade para o atendimento ao setor industrial por um período definido. Incentiva a implantação de indústrias no município.	Volume anual de água outorgado para atendimento industrial / Volume anual total outorgado em m ³ .	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: (SEMARH-SE / SRH, 2013) Origem dos dados: Secundários.
		19. Fração da demanda de água	Indica o volume anual em m ³ que foram destinados à	A justificativa para a adoção desse indicador se alicerça no fato de		Relação: Positiva (maximizar).

		outorgada para outros usos, comercial e serviços.	outorga para outros usos/comercial e serviços no município, ou seja, quanto da água que foi disponibilizada para esses usos/serviços que foi outorgada para essa finalidade.	que a outorga é um instrumento que assegura ao interessado o direito de utilizar a água de uma determinada fonte hídrica, com uma vazão e finalidade para esse tipo de serviços, por um período definido.	Volume anual de água outorgado para outros usos, comercial e serviços / Volume anual total outorgado em m ³ .	Fonte: (SEMARH-SE / SRH, 2013) Origem dos dados: Secundários.
4- GESTÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO	Rede de abastecimento urbano de Água	20. Índice de atendimento urbano por rede de distribuição.	Consiste no percentual urbana atendida pela rede de distribuição de água tratada.	Quanto maior for o percentual de atendimento urbano de água, melhores serão possibilidades de se estabelecer as estratégias de gestão da água e consequentemente o desenvolvimento sustentável local.	(0) Não há rede de distribuição de água no município; (1) A rede de distribuição atende entre 1 e 25% da população; (2) A rede de distribuição atende entre 26 e 50% da população; (3) A rede de distribuição atende entre 51 e 75% da população; (4) A rede de distribuição atende entre 76 e 100% da população.	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: (SNIS, 2011) ou órgão responsável pela distribuição de água no município. Origem dos dados: Primários ou Secundários.
		21. Fração de perdas na rede de distribuição da água.	Indica o percentual de perdas na rede de distribuição da água tratada pronta para consumo, ou seja a fração de água que está sendo desperdiçada na rede de distribuição do sistema, evidenciando a eficiência do mesmo.	Estratégias para diminuir as perdas na distribuição da água refletem diretamente na quantidade de água disponibilizada aos vários usos, de modo que esforços realizados para atingir percentuais menores contribuem significativamente para a gestão da água.	(0) Fração de perdas na distribuição de água entre 0 e 25%; (1) Fração de perdas na distribuição de água entre 26 e 50%; (2) Fração de perdas na distribuição de água entre 51 e 75%; (3) Fração de perdas na distribuição entre 76 e 100%; (4) Não há rede de distribuição de água no município.	Relação: Negativa (minimizar). Fonte: (SNIS, 2011) ou órgão responsável pela distribuição de água no município. Origem dos dados: Primários ou Secundários.
	Rede coletora de Esgoto.	22. Percentual da coleta de esgoto no município.	Expressa o percentual de coleta de esgoto do município.	Seu uso se justifica, uma vez que revela fragilidades que podem ser discutidas e melhoradas, quando se apresenta baixos níveis desse percentual, denotando a necessidade de definir políticas públicas mais alinhadas em relação à coleta de esgotos.	Percentual de coleta de esgoto do município.	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: SNIS, 2011. Origem dos dados: Secundários.
		23. Despesa <i>per capita</i> com saúde.	Evidencia o valor total gasto por habitante com a saúde pela gestão do município.	Esse indicador tem relação com à gestão da água quando se considera que o total de gastos com saúde em determinado município se relaciona com a adoção de medidas para combater o aumento das doenças de veiculação hídrica.	Valor total gasto com saúde no município / população total do município	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: TCE – SE (2013); IBGE (2013). https://www.tce.se.gov.br/portaldatransparencia/despesa.aspx Origem dos dados: Secundários.

	Recursos Financeiros	24. Transferências de recursos correntes por habitante.	Indica o total de transferências correntes por habitante.	Justifica-se pelo fato de retratar a tendência dos estados e municípios em participar cada vez mais do financiamento dos recursos federais, de forma a reduzir a participação da União para gerir as necessidades locais por habitante.	Valor em R\$ das transferências correntes / População total do município.	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: CGE – SE (2013); IBGE (2013). www.transparenciasergipe.se.gov.br/setp/index.html# Origem dos dados: Secundários.
		25. Despesa <i>per capita</i> com saneamento	Corresponde ao valor gasto pelo município com saneamento, oriundo principalmente de recursos federais, e que corresponde à formulação e implementação de políticas para o setor, implantação e melhoria de sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, destino de Resíduo Sólido (RS), defesa contra poluição, erosões, secas e inundações.	Esse indicador é relevante, pois possui relação direta e indireta com questões relacionadas à gestão da água.	Valor total gasto pelo município com saneamento em R\$ / População total do município.	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: CGU (2013); IBGE (2013). www.portaltransparencia.gov.br/PortalTransparencialistaUFs.asp?Exercicio=2013# Origem dos dados: Secundários.
		26. Despesa <i>per capita</i> com gestão ambiental.	Indica o total das despesas do município com gestão ambiental.	Considera-se esse indicador importante uma vez que é possível retratar o panorama do município em relação à gestão ambiental, ou seja, quanto o município investiu em Preservação e Conservação Ambiental, Controle Ambiental, Recuperação de Áreas Degradadas e Recursos Hídricos.	Valor total gasto pelo município com gestão ambiental (em R\$) / População total do município.	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: TCE – SE (2013); IBGE (2013). https://www.tce.se.gov.br/portaldatransparencia/despesa.aspx Origem dos dados: Secundários.
	Gestão dos Resíduos Sólidos	27. Existência de aterro sanitário no município ou se no município existe projeto de implantação.	Identifica se no município existe aterro sanitário.	A existência de aterro sanitário é fundamental na avaliação das condições de saúde da população. O uso desse indicador se justifica pelo fato de que o aterro sanitário, ser o local adequado para armazenar os resíduos sólidos coletado, capaz de inibir os problemas ocasionados pelo mal gerenciamento desses resíduos, o que supostamente pode afetar a qualidade da água, caso não haja um manejo adequado dos resíduos.	(0) Não tem aterro sanitário; (0,5) Em fase de discussão ou implementação; (1) Existe aterro sanitário ou aterro particular.	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: PERS – SE (2014) Origem dos dados: Secundários.
		28. Fração da população atendida pela	Indica o percentual de (RS) gerado no município	Parte-se do pressuposto de que quanto maior forem os esforços realizados pelo município para coletar o (RS) gerado, melhores	(0) Sem informação; (1) Município com até 25% da coleta; (2) Municípios entre 26 e 50% da coleta;	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: PERS – SE (2014)

		coleta de Resíduo Sólido (RS) do município.	que foi coletado pelo órgão responsável.	serão níveis de sustentabilidade hídrica e ambiental.	(3) Municípios entre 51 e 75% da coleta; (4) Municípios entre 76 e 100% da coleta;	Origem dos dados: Secundários.
5. IMPACTOS SOCIAIS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS	Impactos sociais	29. IDH-M	O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida resumida em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde.	Esse indicador apresenta sua relevância, visto que fornece um retrato do nível de desenvolvimento através de aspectos de educação, longevidade e renda.	O índice, considerado aqui como indicador, varia de 0 (nenhum desenvolvimento humano) a 1 (desenvolvimento humano total).	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: IBGE (2010) Origem dos dados: Secundários.
		30. Doenças transmitidas por veiculação hídricas.	Indica se no município existem doenças transmitidas por veiculação hídrica (diarreias).	A prevalência dessas doenças constitui um forte indicativo da fragilidade dos sistemas públicos de saneamento (CALIJURI <i>et al.</i> 2009). Esse indicador fornece informações relevantes em relação ao tipo de doença relacionada ao contato com águas contaminadas e ainda com doenças relacionadas a verminoses (tendo a água como estágio no ciclo). Também exerce relação com aspectos à contaminação da água, especificamente em relação às doenças transmitidas por insetos.	Taxa de mortalidade infantil por diarreia (por 1.000 nascidos vivos).	Relação: Negativa (minimizar). Fonte: DATASUS (2013), ou Secretaria de saúde do município. Origem dos dados: Secundários ou primários, dependendo da fonte adotada.
	Impactos econômicos	31. PIB <i>per capita</i>	Esse indicador é definido através da razão entre o valor do Produto Interno Bruto (PIB) e a população residente no município.	O PIB per capita sinaliza o estado do desenvolvimento econômico, e o estudo de sua variação informa o comportamento da economia ao longo do tempo. Dessa forma, apresenta uma relação positiva com o desenvolvimento local porque mostra o comportamento da economia.	Valor da renda por habitante em R\$.	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: IBGE (2012). Origem dos dados: Secundários.
	Impactos ambientais	32. Susceptibilidade à desertificação.	Indica a existência de entrelaçamento de fatores que provocam esse tipo de degradação (desertificação) da terra nas zonas secas, resultantes tanto das variações climáticas como das atividades humanas, atingindo os solos, os recursos hídricos, a vegetação, a biodiversidade	O uso desse indicador se justifica conforme os argumentos expostos pelo PAE-SE (2012), ou seja, os dados atualmente conhecidos sobre a desertificação em nível mundial apontam para a sua relevância como problema para a humanidade pelas indicações entre outras, de que alcança direta e indiretamente mais de 1 milhão de pessoas em mais de 100 países afetados; são perdidos cerca de seis milhões de hectares de terras aráveis e produtivas todos os anos;	Sim (1); Parcialmente (0,5); Não (0). Levam-se em consideração os parâmetros do índice de aridez.	Relação: Negativa (minimizar). Fonte: SEMARH-SE / PAE-SE (2012). Origem dos dados: Secundários.

			e a qualidade de vida da população.	cerca de ¼ da superfície terrestre sofre de degradação e erosão dos solos e os solos aráveis por pessoa diminui de 0,32 ha em 1961-1962, para 0,21 há em 1997- 1999, esperando-se que diminua para 0,16 há em 2030.		
		33. Índice de aridez	Indica o estado de aridez do município. É utilizado para medir o grau de aridez (seca, desertificação) de uma determinada região.	Utilizar esse indicador pode trazer informações relevantes ao contexto da gestão hídrica.	Ia < 0,05 = Hiper árido (5) 0,05 < Ia ≤ 0,20 = Árido (4) 0,21 < Ia ≤ 0,50 = Semiárido (3) 0,51 < Ia ≤ 0,65 = Sub úmido seco (2) Ia > 0,65 = Sub-úmido, úmido (1)	Relação: Negativa (minimizar) Fonte SEMARH-SE / PAE-SE (2012). Origem dos dados: Secundários.
6. PRESERVAÇÃO AMBIENTAL	Educação Ambiental	34. IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (4ª série / 5º ano).	O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) é um indicador que combina informações de fluxo e de desempenho dos alunos criado para promover um sistema de <i>accountability</i> visando à melhoria da qualidade da educação no país.	O IDEB também se coloca como condutor de política pública na área educacional, ao nortear as principais ações do Ministério da Educação para a educação básica. O indicador subsidia o monitoramento das metas estabelecidas pelo Plano de desenvolvimento da Educação (PDE), e que pode contribuir para uma maior conscientização do uso adequado da água. Afinal, parte-se do pressuposto de que quanto maior for o nível de educação, resulta em menos danos ao meio ambiente e em especial aos recursos hídricos.	O indicador desenvolvido é representado pela seguinte fórmula: IDEB = N x P, Em que N corresponde à média das notas dos alunos na Prova Brasil e P à taxa média de aprovação. A média de proficiência dos alunos combina as notas de matemática e português e é padronizada para estar entre zero e dez, assim como o IDEB. A taxa de aprovação, por sua vez, situa-se entre zero e um. Quanto maior esse indicador, melhor o índice; quanto menor, pior o índice.	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: BRASIL - IDEB (2011). http://portal.mec.gov.br/indicadores/ex.php?itemid=336 Origem dos dados: Secundários.
	Proteção das Fontes de Água	35. Existência de matas ciliares ou projetos para revitalização.	Esse indicador retrata se existem matas ciliares no município.	São florestas, ou outros tipos de cobertura vegetal nativa, que fica às margens de rios, igarapés, lagos, e olhos d'água, essencial para conservar os recursos hídricos, principalmente do assoreamento.	(0) Não tem; (0,5) Em fase de discussão ou implementação; (1) Existem matas ciliares ou projetos para revitalização.	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: SEMARH-SE / SBF (2013) Origem dos dados: Primários.
		36. Existência de reserva legal.	Indica se existe no município reserva legal.	As reservas legais são as áreas de propriedade rural particular onde não é permitido o desmatamento (corte raso), pois visam manter condições de vida para diferentes espécies de plantas e animais nativos da região, auxiliando a manutenção do equilíbrio ecológico e em especial dos recursos hídricos.	Sim (1); Não (0).	Relação: Positiva (maximizar). Fonte: SEMARH-SE / ADEMA, (2013). Origem dos dados: Primários.

Fonte: Adaptado de Carvalho, 2013.

A **terceira etapa** realizou - se a escolha do tipo de função de preferência no qual fornece a intensidade de preferência de uma alternativa sobre a outra, definiu - se também o peso para cada indicador que foi utilizado no método PROMETHEE II.

Em estudos que envolvem análise multicriterial, geralmente, é utilizada a técnica de aplicação de questionários com o objetivo de se poder representar nos pesos de cada critério ou atributo os anseios dos participantes diretamente envolvidos com as ações a serem tomadas em cada alternativa que for escolhida. Contudo, neste estudo, optou-se pela não utilização de aplicação de questionários, porque o trabalho de campo seria enorme, não teria tempo suficiente para aplicação, incluindo dificuldades de acesso.

Foram definidos pesos iguais no valor 1 (um) para todos os indicadores, não havendo, portanto, prevalência de algum sobre o outro.

As funções de preferência utilizadas no método PROMETHEE expressam a essência da preferência de uma alternativa sobre a outra com relação a cada atributo. Sendo escolhida a função do tipo I (U-usual), em que assume os valores 0 ou 1.

O suporte computacional foi realizado através *software Visual PROMETHEE*[®].

Na **quarta etapa** incidiu na análise dos resultados e considerações finais do estudo.

Para dar suporte a construção metodológica foram utilizados os seguintes softwares:

- ✓ Visual PROMETHEE, versão 1.3;
- ✓ Microsoft Excel e o Word da IBM.

4 Resultados e Discussões

Neste capítulo são apresentados os resultados da análise da gestão dos recursos hídricos nos municípios da unidade de planejamento do Baixo Rio Sergipe, considerando as etapas relacionadas ao comportamento dos indicadores nos municípios, seguido da análise multicritério para definição do *ranking* final do modelo.

4.1 Modelo Multicritério para classificação do desempenho dos municípios em relação à gestão dos recursos hídricos

Para apoiar a gestão dos recursos hídricos dos municípios em estudo foram utilizadas informações quantitativas e qualitativas das cidades levando-se em consideração as dimensões e os indicadores propostos, foram realizadas as devidas simulações com apoio do programa computacional *Visual PROMETHEE*[®], em que atribuiu-se pesos iguais aos indicadores, de modo que fosse possível identificar o *ranking* parcial da situação dos municípios.

De acordo com os resultados obtidos nas simulações foi possível observar o comportamento dos municípios, com relação as dimensões e, conseqüentemente, suas posições no *ranking* parcial e final de gestão dos recursos hídricos dos municípios.

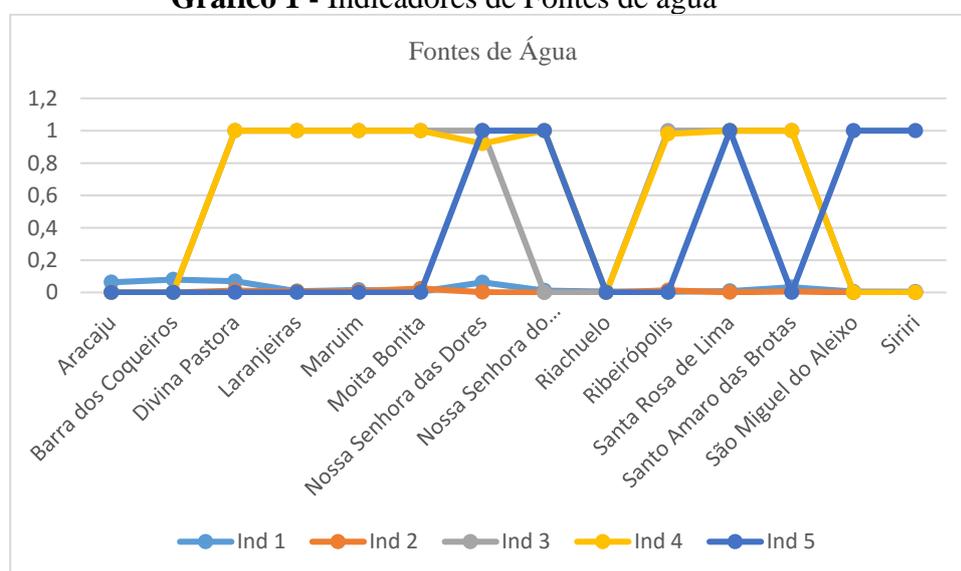
4.2 Dimensão Fontes de água

A dimensão fontes de água, é composta por cinco indicadores que objetivam identificar as fontes de água disponíveis na área de estudo, considerando os seguintes aspectos: disponibilidade dos rios, fração das residências atendidas por poços subterrâneos, potencial de expansão dos poços subterrâneos, índice de qualidade da água dos poços subterrâneos e potencial de expansão das cisternas.

Com base no Graf. 01, observa-se que a disponibilidade hídrica superficial (indicador 1), os municípios de Barra dos Coqueiros, Divina Pastora, Aracaju, Nossa Senhora das Dores e Santo Amaro das Brotas, possui uma situação mais confortável comparando com os outros municípios. Apesar de Aracaju ficar entre as primeiras posições no gráfico, segundo a DESO, para atender as demandas desse município, faz-se necessário realizar a transposição de aproximadamente 70% da água do Rio São Francisco, através de conduto forçado. Já para a fração das residências atendidas por poços subterrâneos (indicador 2), os municípios de Moita Bonita, Divina Pastora e Ribeirópolis se destacam com relação aos outros municípios,

apresentando uma maior fração. Se referindo ao indicador 3 (potencial de expansão dos poços subterrâneos), os municípios que possuem potencial para expansão são: Divina Pastora, Laranjeiras, Maruim, Moita Bonita, Nossa Senhora das Dores, Ribeirópolis, Santa Rosa de Lima e Santo Amaro das Brotas. De acordo com o indicador 4 (qualidade da água dos poços subterrâneos), busca-se retratar a qualidade da água dos poços subterrâneos da região, em que, analisou-se os poços com água doce, salobra ou salina de cada município. Os municípios de Divina Pastora, Laranjeiras, Maruim, Moita Bonita, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora do Socorro, Ribeirópolis, Santa Rosa de Lima e Santo Amaro das Brotas possui poços com água doce de boa qualidade para consumo humano, enquanto que Aracaju, Barra dos Coqueiros, Riachuelo, São Miguel do Aleixo e Siriri possuem poços com água salobra ou salina, possivelmente requer outros tipos de tratamento para consumo humano e dessedentação animal. Para o indicador 5 (potencial da expansão de cisternas), demonstra se no município existe potencial de expansão das cisternas para atender as demandas de água. Principalmente através de captação de água de chuva para atender as necessidades dos vários usos água. Os municípios que possui esse potencial são Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora do Socorro, Santa Rosa de Lima, São Miguel do Aleixo e Siriri.

Gráfico 1 - Indicadores de Fontes de água

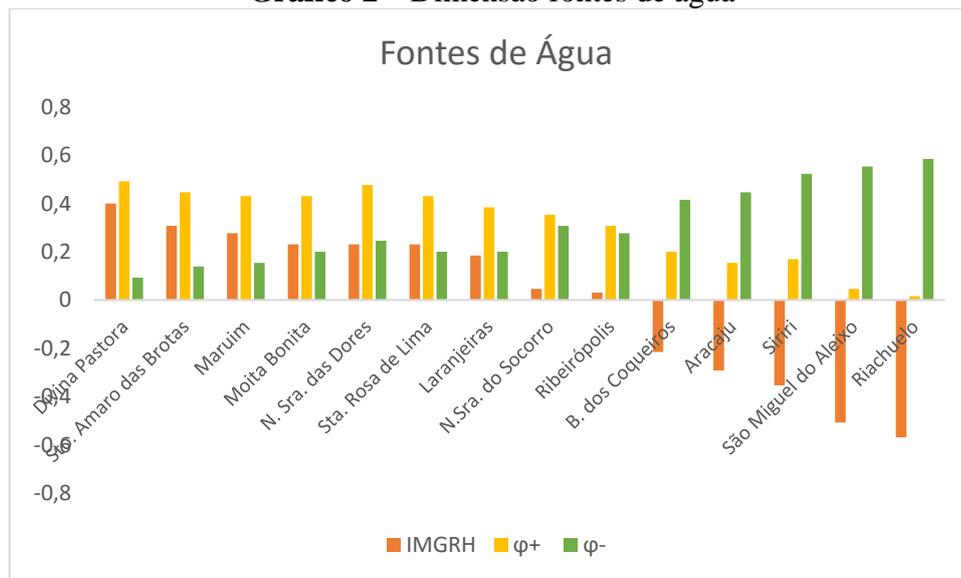


Ind 1 - disponibilidade dos rios; Ind 2 - fração das residências atendidas por poços subterrâneos; Ind 3 - potencial de expansão dos poços subterrâneos; Ind 4 - índice de qualidade da água dos poços subterrâneos; Ind 5 - potencial de expansão das cisternas.

Fonte: Dados da pesquisa

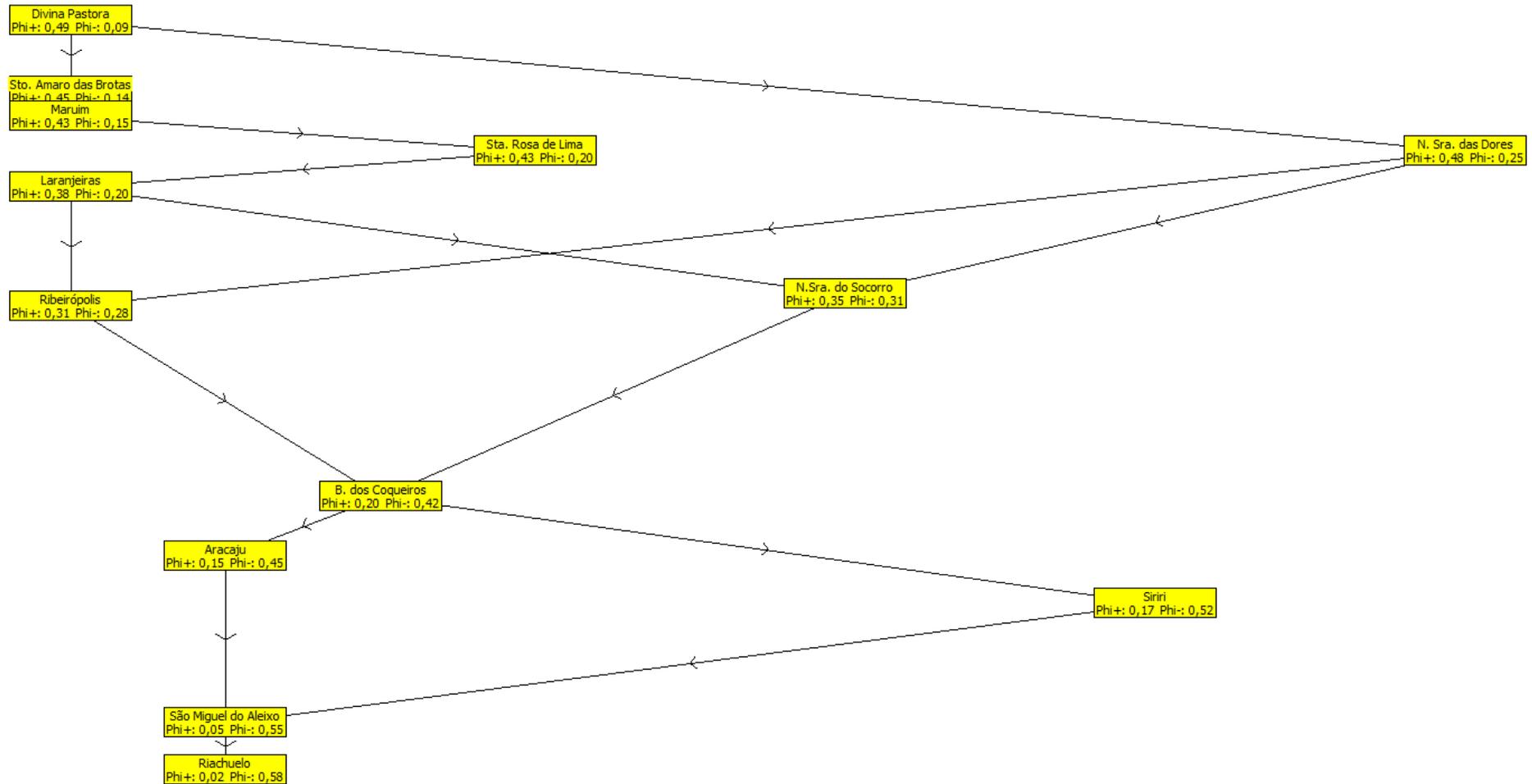
Quando realizou-se a simulação no PROMETHEE II, observou-se que, para a dimensão fontes de água, (Graf. 02 e Fig. 12), os municípios de Divina Pastora, Santo Amaro das Brotas, Maruim, Nossa Senhora das Dores, Santa Rosa de Lima, Laranjeiras, Nossa Senhora do Socorro e Ribeirópolis se destacam com os melhores desempenhos, obtidos através dos fluxos positivos superiores (ϕ^+), enquanto que reflexos dos fluxos negativos (ϕ^-) e obtendo os piores desempenhos são os municípios de Barra dos Coqueiros, Aracaju, Siriri, São Miguel do Aleixo e Riachuelo, no qual apresenta uma situação mais desconfortável neste cenário, resultados oriundos dos fluxos líquidos denominado nesse estudo de IMGRH – Índice Multicritério da Gestão dos Recursos Hídricos. A Fig. 12 foi gerada pelo software PROMETHEE II, mostra que as cidades expostas à esquerda para cima são as que tem melhores desempenho e as que estão à direita são as que apresentam os piores desempenhos.

Gráfico 2 – Dimensão fontes de água



Fonte: O próprio autor

Figura 12 - Rede do PROMETHEE: fontes de água*



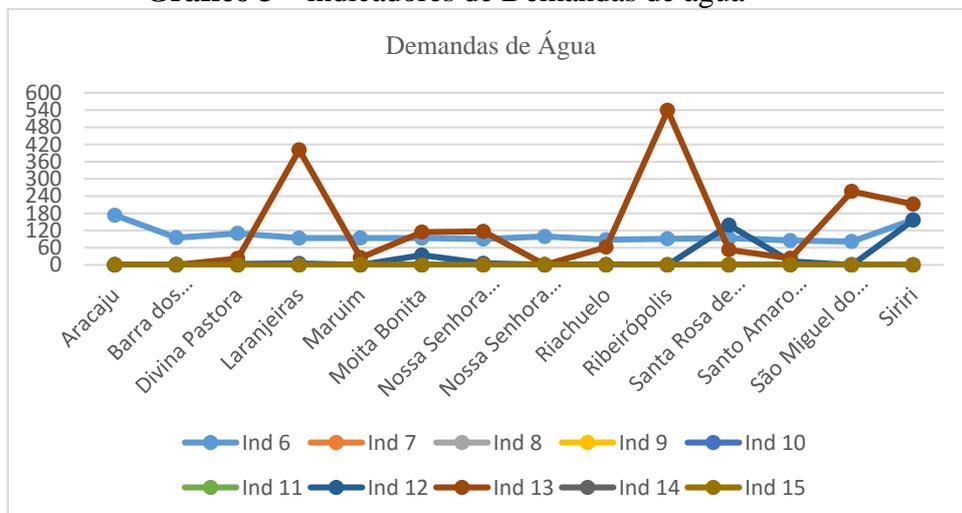
Fonte: O próprio autor

* As cidades expostas à esquerda para cima são as que tem melhores desempenho e as que estão à direita são as que apresentam os piores desempenhos.

4.3 Dimensão Demanda de água

Os indicadores que compõe essa dimensão são, consumo *per capita* de água da população, consumo relativo de água dos principais animais existentes em cada município, consumo relativo das principais lavouras cultivadas em cada município, existência de piscicultura no município e a possibilidade de expansão da piscicultura em cada município. Através destes é possível identificar informações sobre as principais demandas por município da área de estudo. Tais informações podem servir como orientação para a formulação e implementação de políticas relacionadas à gestão dos recursos hídricos em contextos específicos de municípios.

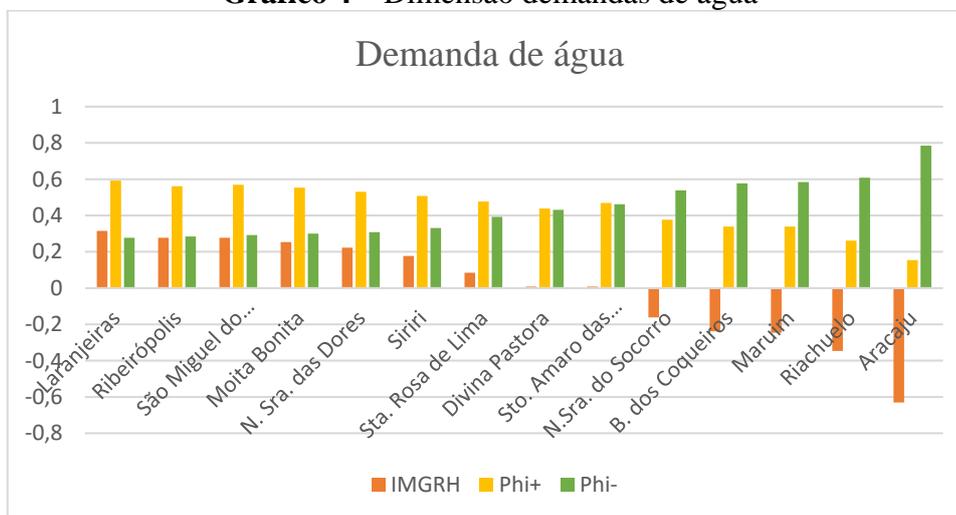
O indicador 6 (consumo *per capita* de água da população) indica se há desperdício de água por parte da população seja por aspectos culturais, sociais, equipamentos hidráulicos menos econômicos e etc. Nesse sentido os municípios que se destacaram neste indicador por gastarem uma maior quantidade de água são Aracajú 173,3 (L/hab/dia) e Siriri 157,6 (L/hab/dia), os outros municípios variam entre 80 e 100 (L/hab/dia), sendo no geral a média de consumo igual a 103,35 (L/hab/dia). Os indicadores 7, 8, 9, 10, 11 (relacionados a dessedentação animal) obtiveram resultados muito baixos, variando entre 0 e 1, entre todos os municípios. Isto significa que o consumo de água por parte dos animais não é significativo nos municípios, uma vez que, o quantitativo de cabeças na região de estudo é baixo. O indicador 12 (consumo relativo de água por hectare de lavoura permanente) fornece indícios de que os maiores consumos de água são nos municípios de Siriri, Santa Rosa de Lima e Moita Bonita. O indicador 13 (consumo relativo de água por hectare de lavoura sazonal) é o que mais demanda água para esse tipo de atividade, se destacando os municípios de Ribeirópolis, Laranjeiras, São Miguel do Aleixo, Siriri, Nossa Senhora das Dores, Moita Bonita, Riachuelo e Santa Rosa de Lima. Com um menor consumo, quer seja por produzir menos ou não produzir, estão os municípios de Aracaju, Barra dos Coqueiros, Nossa Senhora do Socorro, Divina Pastora, Maruim e Santo Amaro das Brotas. Com relação aos indicadores 14 e 15 (relativos a piscicultura) se destacam os municípios de Aracaju, Barra dos Coqueiros, Maruim, Nossa Senhora das Dores e Santo Amaro das Brotas, pela existência de piscicultura e possibilidade de expansão desse tipo de atividade (Graf. 03).

Gráfico 3 – indicadores de Demandas de água

Ind 6 - Consumo *per capita* de água da população; Ind 7 - Consumo relativo de água da bovinocultura com relação ao consumo dos animais do município; Ind 8 - Consumo relativo de água da equinocultura; Ind 9 - Consumo de água relativo da caprinocultura; Ind 10 - Consumo de água relativo da suinocultura; Ind 11 - Consumo relativo de água da ovinocultura; Ind 12 - Consumo relativo de água por hectares de lavoura permanente; Ind 13 - Consumo relativo de água por hectares de lavoura sazonal; Ind 14 - Existência de piscicultura no município; Ind 15 - Possibilidade de expansão da piscicultura no município.

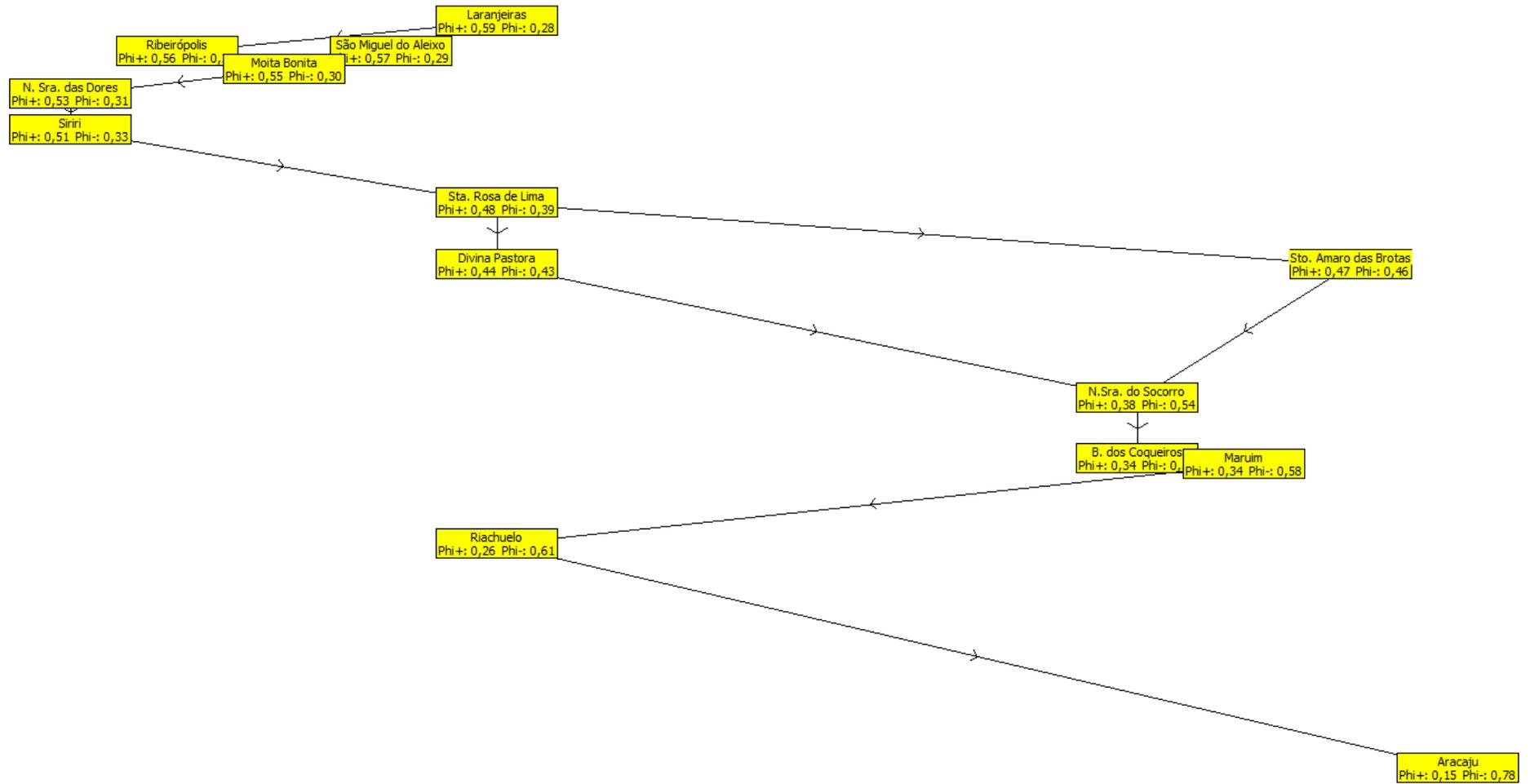
Fonte: Dados da pesquisa

Após simulação no PROMETHEE II, pode-se observar que para a dimensão demandas de água, os municípios com um melhor desempenho resultando dos fluxos positivos superiores (ϕ^+), são Laranjeiras, Ribeirópolis, São Miguel do Aleixo, Moita Bonita, Nossa Senhora das Dores, Siriri, Santa Rosa de Lima, Divina Pastora e Santo Amaro das Brotas. Enquanto que resultando dos fluxos negativos (ϕ^-) são os municípios de Nossa Senhora do Socorro, Barra dos Coqueiros, Maruim, Riachuelo e Aracaju, estão em uma situação menos confortável, resultado em que mostra os fluxos líquidos (Graf. 04 e Fig. 13).

Gráfico 4 – Dimensão demandas de água

Fonte: O próprio autor

Figura 13- Rede do PROMETHEE: dimensão demanda de água



Fonte: O próprio autor

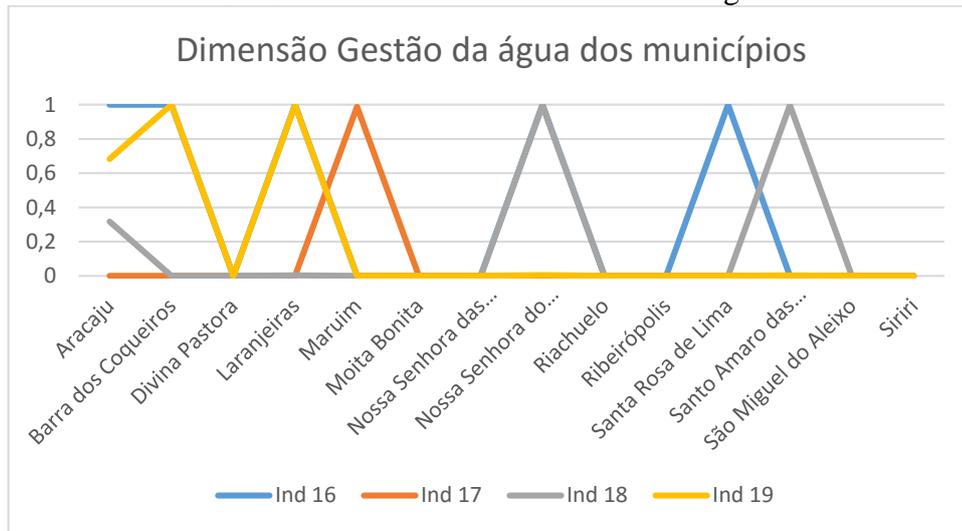
4.4 Dimensão Gestão da água dos municípios

Os indicadores que serão analisados nessa dimensão são: representantes do município participante do comitê de bacia hidrográfica, fração da demanda de água outorgada para abastecimento humano, fração da demanda de água outorgada para atendimento industrial, fração da demanda de água outorgada para outros usos/comercial e serviços, índice de atendimento urbano de água e fração de perdas na distribuição da água.

De acordo com informações repassadas do comitê de bacia do rio Sergipe (Gestão 2013 – 2015), os municípios que possuem representantes nos Comitês de Bacias são: Aracaju, Barra dos Coqueiros, Laranjeiras, Nossa Senhora do Socorro e Santa Rosa de Lima. Já, os que não possuem são: Divina Pastora, Maruim, Moita Bonita, Nossa Senhora das Dores, Riachuelo, Ribeirópolis, Santo Amaro das Brotas, São Miguel do Aleixo e Siriri.

No novo modelo de gestão preconizado pela Lei das Águas, que é compatibilizar a oferta com a demanda, a participação, a descentralização e a integração, considerando a bacia hidrográfica como um todo, torna os representantes inseridos nos comitês de bacias, para tomarem conhecimento das deliberações e decisões que ocorrem nas reuniões elementos de fundamental importância.

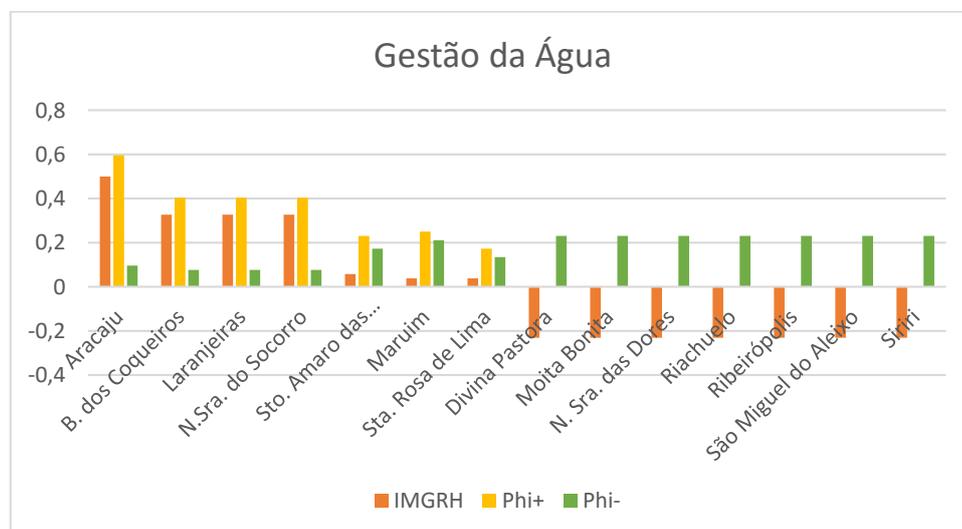
Segundo a SEMARH (2014), órgão responsável pela emissão de outorga do estado de Sergipe, existe uma baixa fração da demanda de água outorgada para abastecimento humano, apenas o município de Maruim possui um volume outorgado de 0,98 m³, os outros municípios não disponibilizam dessa informação. Não existe outorga para irrigação e nem outorga para abastecimento rural em nenhum dos municípios da área de estudo. Ainda segundo o órgão responsável, está sendo realizado um cadastro de usuários de água, para que seja possível emitir as outorgas, contudo devem ser elaboradas equipes para monitoramento e fiscalização, afim de combater possíveis irregularidades. No que se refere ao indicador 18 (outorga para atendimento industrial) e o indicador 19 (outorga para outros usos/comercial e serviços) apenas os municípios de Aracaju, Laranjeiras, Nossa Senhora do Socorro e Santo Amaro das Brotas, possuem outorga para exercer tais atividades. O desempenho pode ser visualizado no Graf. 05.

Gráfico 5 – Indicadores de Gestão da água

Ind 16 - representante do município participando do comitê de bacia hidrográfica; ind 17 - fração da demanda de água outorgada para abastecimento humano; ind 18 - fração da demanda de água outorgada para atendimento industrial; ind 19 - fração da demanda de água outorgada para outros usos/comercial e serviços.

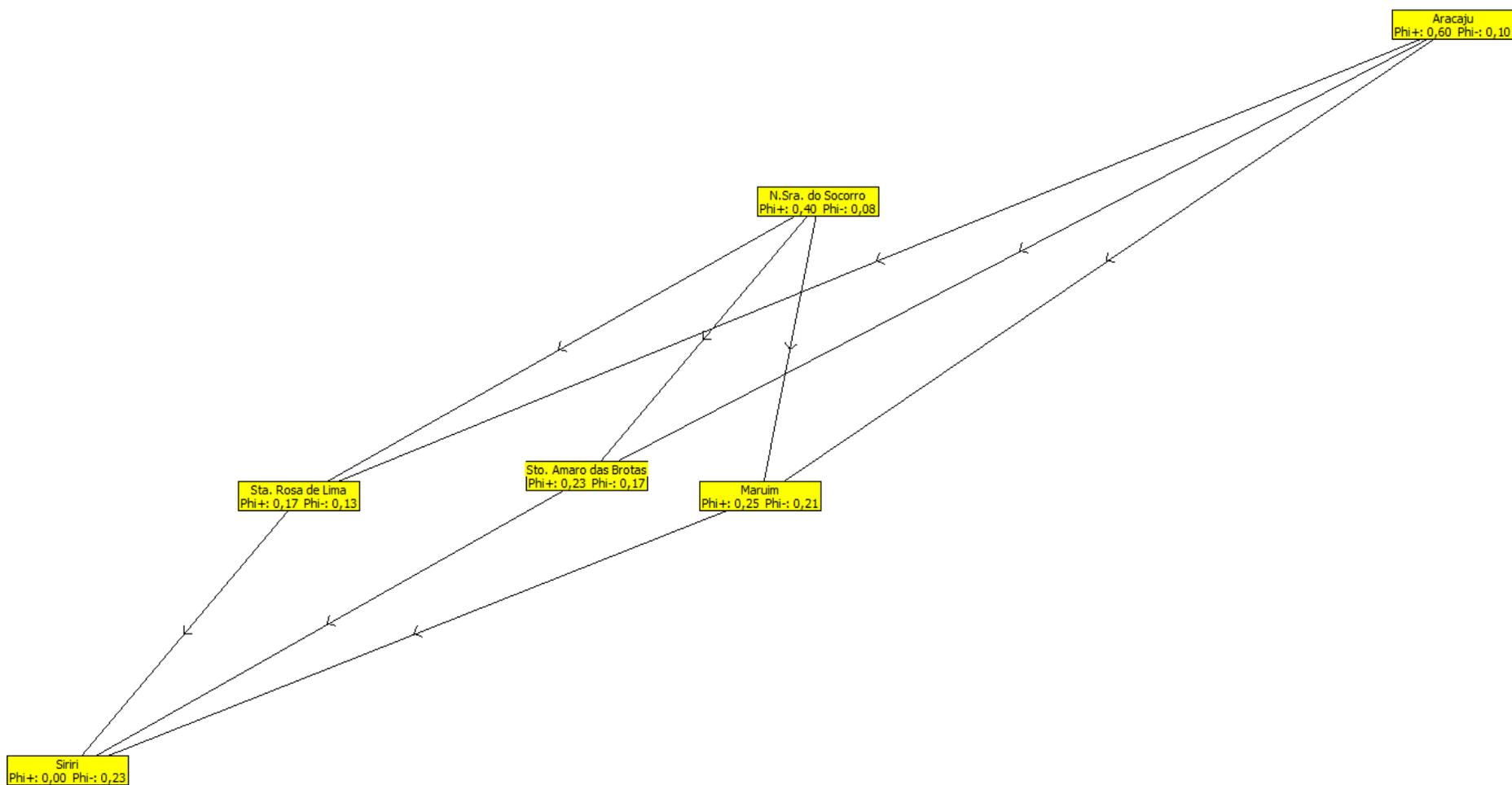
Fonte: Dados da pesquisa

Com base no Graf. 06 e visualizado na Fig. 14, observa-se que na simulação para essa dimensão o município de Aracaju, Barra dos coqueiros, Laranjeiras, Nossa Senhora do socorro, Santo Amaro das Brotas, Maruim e Santa Rosa de Lima sobressaíram sobre as demais cidades através dos resultados dos fluxos positivos superiores (ϕ^+), ocupando as melhores posições referente a gestão dos recursos hídricos, enquanto que com uma situação menos favorável e todos na mesma situação, com fluxos positivos (ϕ^+) igual ao fluxos negativos (ϕ^-), são os municípios: Divina Pastora, Moita Bonita, Nossa Senhora das Dores, Riachuelo, Ribeirópolis, São Miguel do Aleixo e siriri.

Gráfico 6 – Dimensão gestão da água

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Figura 14 – Rede do PROMETHEE: dimensão gestão da água



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

4.5 Dimensão Gestão dos Serviços de Saneamento Básico

Nessa seção são apresentados os resultados relacionados aos indicadores de gestão dos serviços de saneamento básico. Esses indicadores foram selecionados para monitorar a performance das cidades em relação aos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário e gestão dos recursos financeiros (índice de atendimento urbano por rede de distribuição, fração de perdas na rede de distribuição da água, percentual da coleta de esgoto no município, despesa *per capita* com saúde, transferências de recursos correntes por habitantes, despesa *per capita* com saneamento, despesa *per capita* com gestão ambiental) e aspectos de gestão municipal em relação ao resíduo sólido (existência de aterro sanitário, fração da população atendida pela coleta de resíduo sólido do município).

No que se refere ao indicador 20 (índice de atendimento urbano por distribuição), que consiste no percentual da população urbana atendida, tem-se que quanto maior for o percentual de atendimento melhor será a situação da população. A maioria das cidades apresenta percentual entre 76% e 100% de atendimento, sendo eles: Aracaju, Barra dos Coqueiros, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora do Socorro, Riachuelo, Ribeirópolis e Santa Rosa de Lima. Os que ficaram entre 51 e 75%, foram os municípios de Divina Pastora, Laranjeiras, Maruim e Moita Bonita. O município de Siriri apresenta uma rede de distribuição que atende entre 26 e 51%. Com relação ao indicador 21 (fração de perdas na rede de distribuição da água), e levando em consideração a natureza do indicador, quanto menor o valor melhor o desempenho (relação negativa), entende-se que municípios com níveis mais elevados ou com ausência de rede de distribuição da água apresentam situação desfavorável a gestão dos recursos hídricos. Assim, observa-se que a maior proporção de municípios apresenta níveis elevados de perdas, o que demonstra a ineficiência do sistema de abastecimento de água, portanto apenas o município de Divina Pastora possui uma perda abaixo de 50%, todos os outros municípios possuem perdas na rede de distribuição variando entre 51 e 75%.

No que se refere ao percentual da coleta de esgoto (indicador 22), se destaca o município de Aracaju e Nossa Senhora do Socorro com 35,9 e 27% respectivamente, enquanto que os outros municípios da área de estudo não possuem essa informação. Contudo há necessidade de desenvolver políticas públicas e investimentos nesse setor para proporcionar uma melhoria na qualidade de vida das pessoas que necessitam desse serviço.

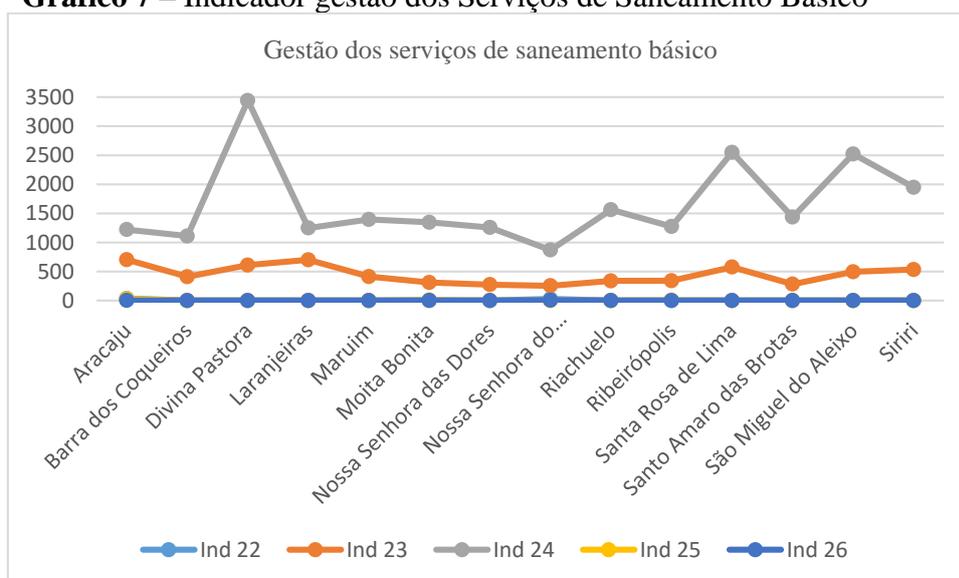
O indicador 23 (despesa *per capita* com saúde), possui relação com a gestão da água e indica os custos com saúde por habitante em cada município no combate às doenças de

veiculação hídrica. Os municípios que mais investem em saúde *per capita* anual são: Aracaju (R\$ 702,79), Laranjeiras (R\$ 700,70), Santa Rosa de Lima (R\$ 575,64), Siriri (R\$ 533,16), São Miguel do Aleixo (R\$ 494,50), Maruim (R\$ 412,35) e Barra dos Coqueiros (R\$ 408,97). Os menores investimentos foram nos municípios de Nossa Senhora do Socorro (R\$ 253,58), Nossa Senhora das Dores (R\$ 273,16), Santo Amaro das Brotas (R\$ 280,99), Moita Bonita (R\$ 310,16), Riachuelo (R\$ 337,37) e Ribeirópolis (R\$ 340,97). No geral a média foi de R\$ 445,30 e desvio padrão R\$ 157,50. Transferências correntes por habitante (indicador 24), sinaliza a convergência dos municípios em participar cada vez mais do financiamento dos recursos financeiros federais, mostrando que ainda não existem estratégias para reduzir a participação da União nos recursos para gerir as necessidades locais por habitante. Percebe-se que o município de Divina Pastora é o que apresenta maior dependência financeira *per capita* (R\$ 3.443,23) e com menor dependência *per capita* é Nossa Senhora do Socorro. A média geral é igual a R\$ 1.655,31 e o desvio padrão R\$ 713,60. Percebe-se que maioria dos municípios possui investimentos de grandes empresas como a Petrobras, Vale, entre outras, que gera emprego e renda para esses municípios. A despesa *per capita* com saneamento (indicador 25), relata o quanto seria gasto por habitante para atendimento dos serviços básicos à população, através da implantação e melhoria de sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, destino adequado dos resíduos sólidos, prevenção contra poluição, erosões, secas e inundações. Apenas os municípios de Aracaju (R\$ 28,22), Moita Bonita (R\$ 6,15) e Ribeirópolis (R\$ 4,45), enquanto os outros municípios não aplicam suas receitas nesse tipo de serviços. Mesmo assim, os valores aplicados dos municípios são insignificantes e acaba por afetar outros setores que se relacionam com essa ausência de investimento, impactando diretamente no meio ambiente e na gestão da água. O indicador 26 (despesa *per capita* com gestão ambiental) é um indicador importante uma vez que é possível retratar o panorama do município em relação à gestão ambiental, ou seja, quanto o município investiu em Preservação e Conservação Ambiental, Controle Ambiental, Recuperação de Áreas Degradadas e Recursos Hídricos. Apenas os municípios de Aracaju (R\$ 0,914), Laranjeiras (R\$ 0,084), Moita Bonita (R\$ 2,72) e Nossa Senhora do Socorro (R\$ 3,77), tem direcionado recursos para esse tipo de atividade. Tais valores retratam a falta de investimentos e políticas públicas voltadas para a gestão ambiental. São valores irrisórios que não contribuem para uma melhoria da gestão ambiental local. O indicador 27 (existência de aterro sanitário), trata da existência de aterro sanitário no município, ou se no município existe projeto em fase de discussão ou implementação. Na área de estudo nenhum dos municípios possui um local para destino adequado dos resíduos sólidos, apenas o município de Aracaju tem projeto para

construção do aterro sanitário, entretanto alguns dos municípios da área estudada, fazem o depósito em um aterro sanitário privado que fica localizado em Rosário do Catete – SE, os municípios que fazem o depósito de seus resíduos são Aracaju, Barra dos Coqueiros, Divina Pastora, Nossa Senhora do Socorro, Riachuelo e Siriri. Enquanto os que depositam seus resíduos em lixões a céu aberto são Laranjeiras, Maruim, Moita Bonita, Nossa Senhora das Dores, Ribeirópolis, Santa Rosa de Lima, Santo Amaro das Brotas e São Miguel do Aleixo.

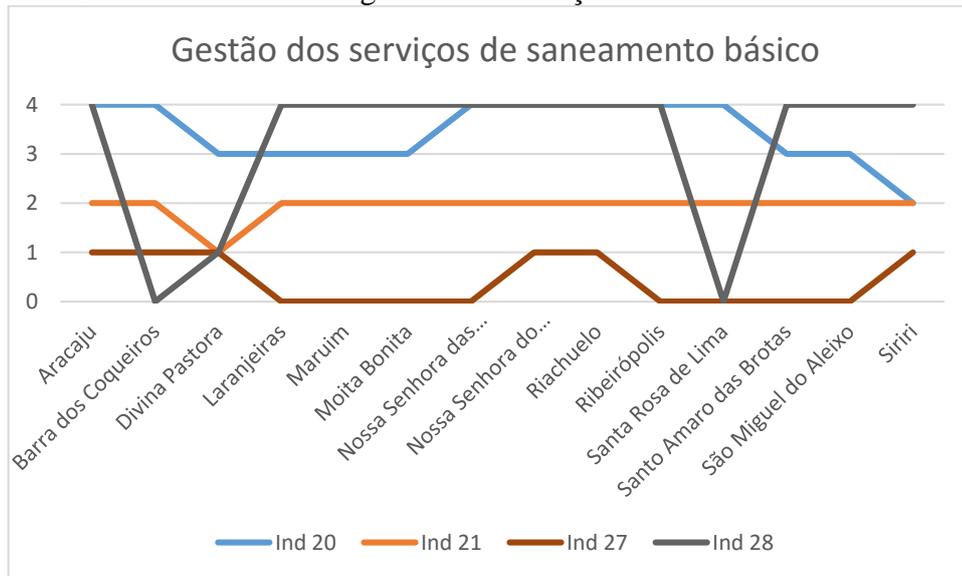
O indicador 28 (fração da população atendida pela coleta de resíduo sólido do município), Segundo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS-SE, 2014), os municípios que coletam seus resíduos numa faixa entre 76 a 100% dos resíduos gerados são: Aracaju, Laranjeiras, Maruim, Moita Bonita, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora do Socorro, Ribeirópolis, Santo Amaro das Brotas, São Miguel do Aleixo e Siriri. O município de Divina Pastora coleta apenas 25% dos resíduos gerados. Os municípios de Barra dos Coqueiros e Santa Rosa de Lima não disponibiliza dessas informações. A Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tem como principal meta a erradicação de todos os lixões do país e que sejam substituídos por aterros sanitários, instalações ambientalmente adequadas para o manejo e depósito de rejeitos, até agosto de 2014, mas nenhum município sergipano conseguiu cumprir esse prazo. Podendo ser observadas essas informações sobre os indicadores no Graf. 07 e 08.

Gráfico 7 – Indicador gestão dos Serviços de Saneamento Básico



Ind 22 - Percentual da coleta de esgoto no município; ind 23 - despesa per capita com saúde; ind 24 - transferências de recursos correntes por habitante; ind 25 - despesa per capita com saneamento; ind 26 - despesa per capita com gestão ambiental.

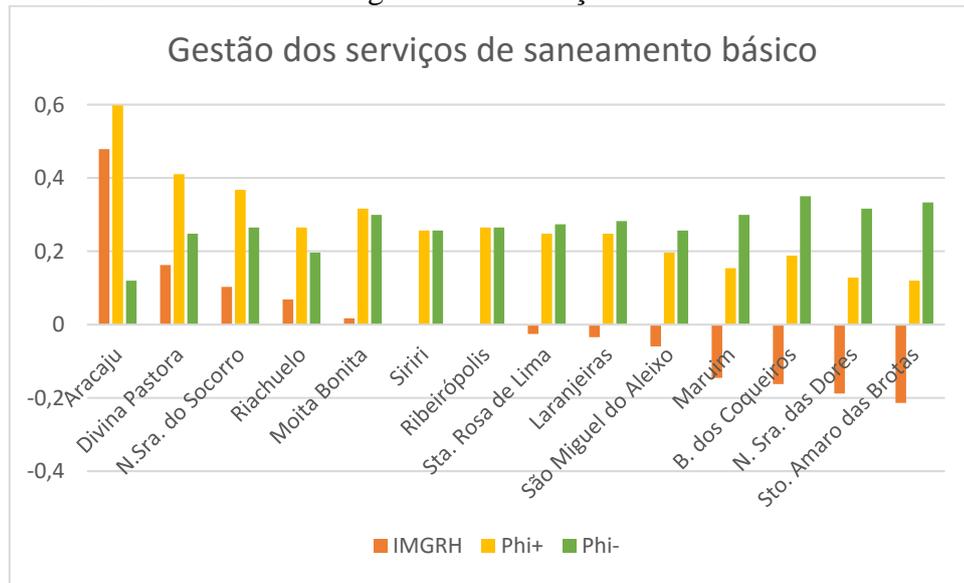
Fonte: O próprio autor

Gráfico 8 - Indicador gestão dos Serviços de Saneamento Básico

Ind 20 - índice de atendimento urbano por rede de distribuição; ind 21 - fração de perdas na rede de distribuição da água; ind 27 - existência de aterro sanitário no município ou fase de discussão/implementação; ind 28 - fração da população atendida pela coleta de resíduo sólido do município.

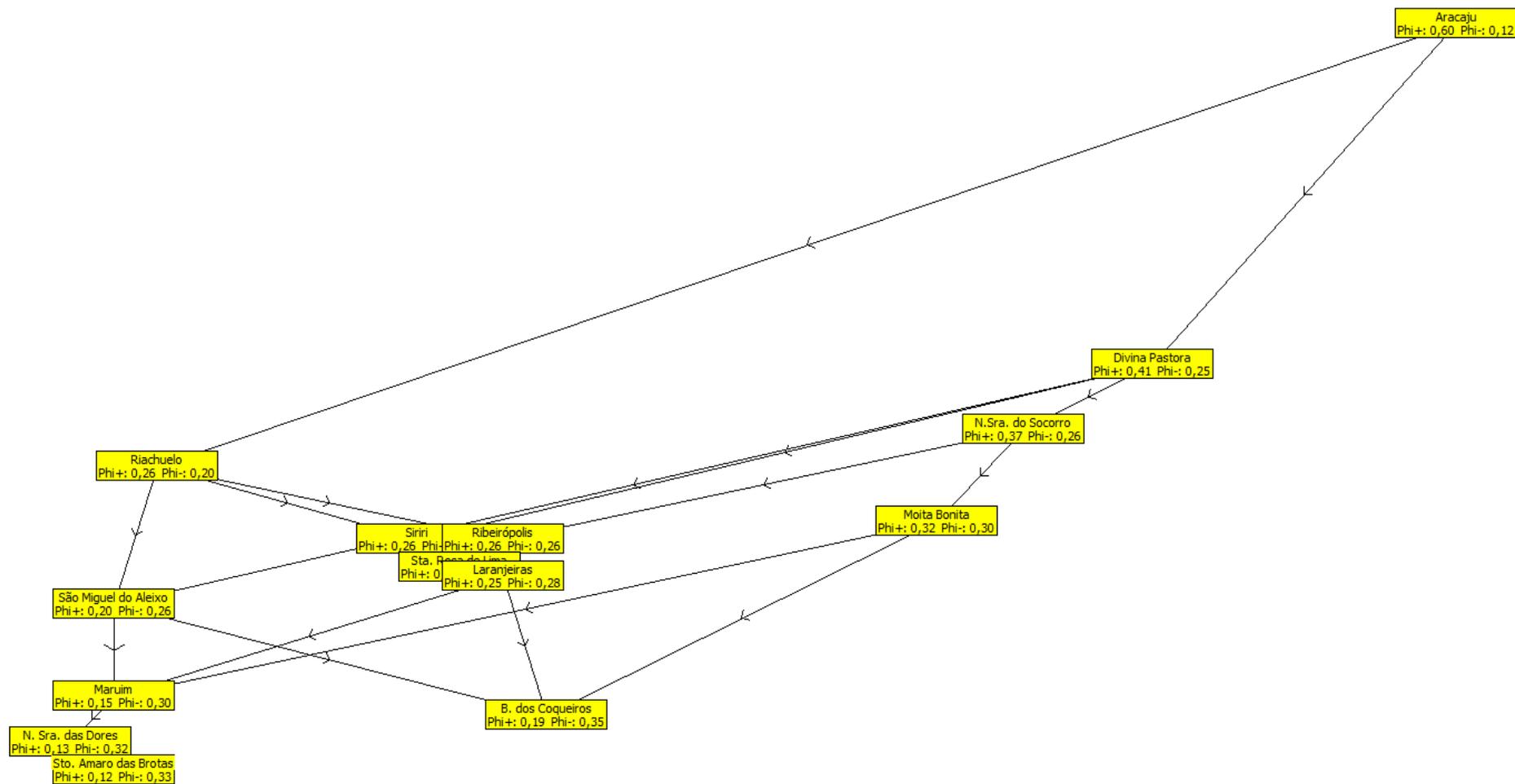
Fonte: O próprio autor

Na dimensão gestão dos serviços de saneamento básico, após simulação realizada, observa-se, no Graf. 09 e na Fig. 15, que o município de Aracaju(0,56), se destaca quando comparado com os outros municípios, através do fluxo positivo (ϕ^+) ser bem maior que o fluxo negativo (ϕ^-). Em situação similar estão Nossa Senhora do Socorro (0,43), Barra dos Coqueiros (0,30), Laranjeiras (0,24) e Santa Rosa de Lima (0,17). Já os municípios com fluxos negativos (ϕ^-) superiores aos positivos (ϕ^+) foram: Santo Amaro das Brotas (0,20), Divina Pastora e Maruim com (0,23), Nossa Senhora das Dores, Riachuelo e Ribeirópolis ambos com (0,16), Moita Bonita e São Miguel do Aleixo com (0,24) e Siriri (0,30).

Gráfico 9 – Dimensão gestão dos serviços de Saneamento Básico

Fonte: O próprio autor

Figura 15 – Rede do PROMETHEE: Dimensão gestão dos Serviços de Saneamento Básico



Fonte: O próprio autor

4.6 Dimensão impactos sociais, econômicos e ambientais

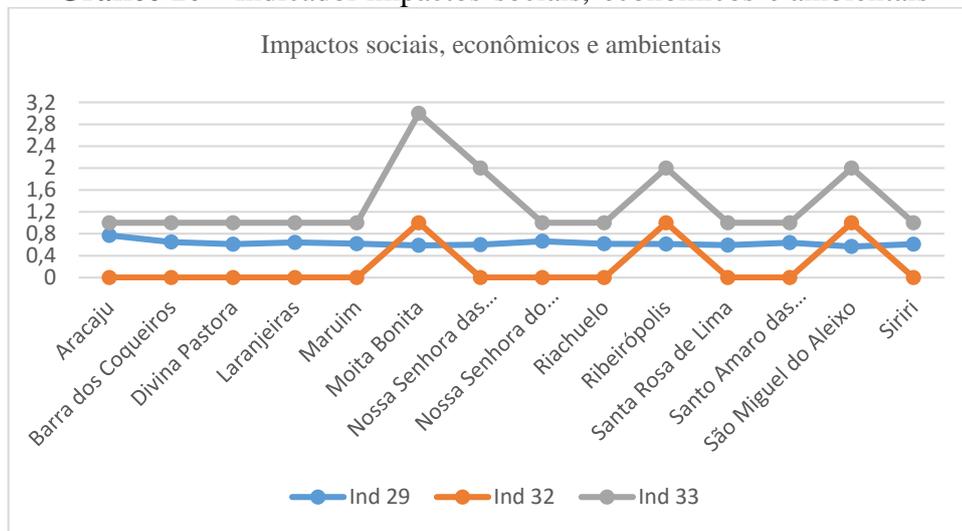
O comportamento dos indicadores relacionados aos impactos sociais, econômicos e ambientais é refletido através das seguintes variáveis: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), doenças transmitidas por veiculação hídrica, PIB *per capita*, susceptibilidade à desertificação e índice de aridez.

O Gráf. 10 retrata o comportamento dos indicadores 29,32 e 33. O IDH-M é uma medida capaz de fornecer um retrato do nível de desenvolvimento através dos aspectos de educação, longevidade e renda. O município de Aracaju possui o maior IDH com 0,77, valor este acima da média do IDH do Brasil que é de 0,74 (PNUD – 2013), enquanto a média dos municípios são de 0,62. O menor IDH ficou com São Miguel do Aleixo (0,56), refletindo o baixo nível populacional desses municípios e que sinalizam a necessidade de melhorias. Aracaju é o que encontra-se dentro do grupo de cidades do Brasil que possui uma boa qualidade de vida. O indicador 32 (susceptibilidade à desertificação), retrata a existência de entrelaçamento de fatores que provocam a desertificação da terra nas regiões mais secas, resultantes das variações climáticas e principalmente das ações antrópicas, atingindo os solos, os recursos hídricos, a vegetação, a biodiversidade e a qualidade de vida da população.

O Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca de Sergipe, defende o uso desse indicador em que a desertificação em nível mundial aponta para a sua relevância como problema para a humanidade pelas indicações entre outras, que alcança direta e indiretamente mais de 1 milhão de pessoas em mais de 100 países afetados, no qual são perdidos cerca de seis milhões de hectares de terras aráveis e produtivas todos os anos. O município de Moita Bonita, Ribeirópolis e São Miguel do Aleixo são os que apresentam maior susceptibilidade a desertificação, devido sua localização, pois fica próximo da região semiárida, onde as precipitações ocorrem com menos frequência. Os outros municípios encontram-se em regiões úmidas e subúmidas com condições climáticas mais favoráveis, e não estão propensos a essa susceptibilidade. O indicador 33 (índice de aridez), mostra o grau de aridez de cada município. Através de parâmetros que foi utilizado e mostrado na metodologia desse trabalho. Pode – se observar que os municípios de Aracaju, Barra dos Coqueiros, Divina Pastora, Laranjeiras, Maruim, Nossa Senhora do Socorro, Riachuelo, Santa Rosa de Lima, Santo Amaro das Brotas e Siriri se enquadram no grau de aridez sub úmido - úmido, enquanto Nossa Senhora das Dores, Ribeirópolis e São Miguel do

Aleixo possui um grau de aridez sub úmido - seco, já o município de Moita Bonita possui o grau de aridez semiárido.

Gráfico 10 – Indicador impactos sociais, econômicos e ambientais

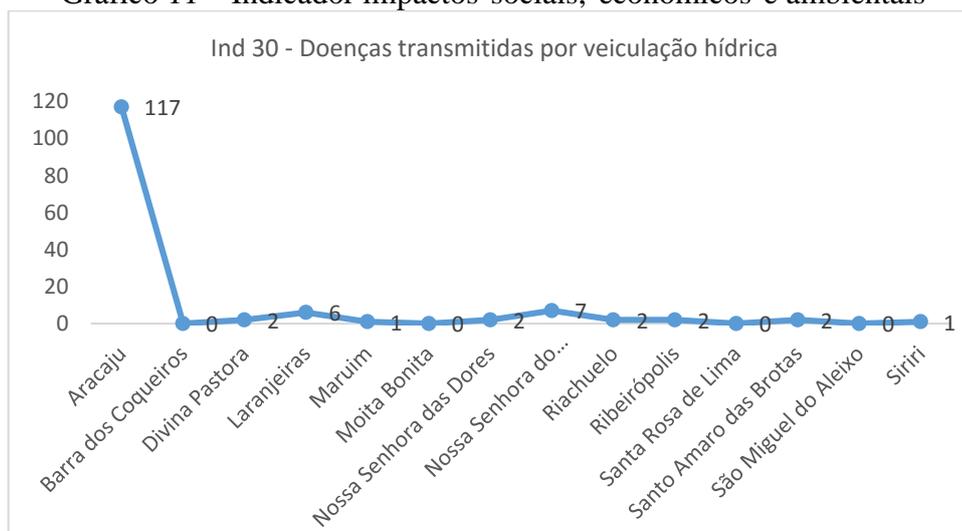


Ind 29 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal; ind 32 - susceptibilidade à desertificação; ind 33 - índice de aridez

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

O Gráf. 11 mostra o número de casos de doenças transmitidas por veiculação hídrica por município, observa-se que o município de Aracaju possui uma quantidade significativa quando comparado com os outros municípios. Os grupos sociais que vivem em áreas com carências de serviços de saneamento ambiental estão sujeitos a potencializar efeitos adversos na saúde por meio de contaminantes, locais de proliferação de vetores e outros.

Gráfico 11 – Indicador impactos sociais, econômicos e ambientais

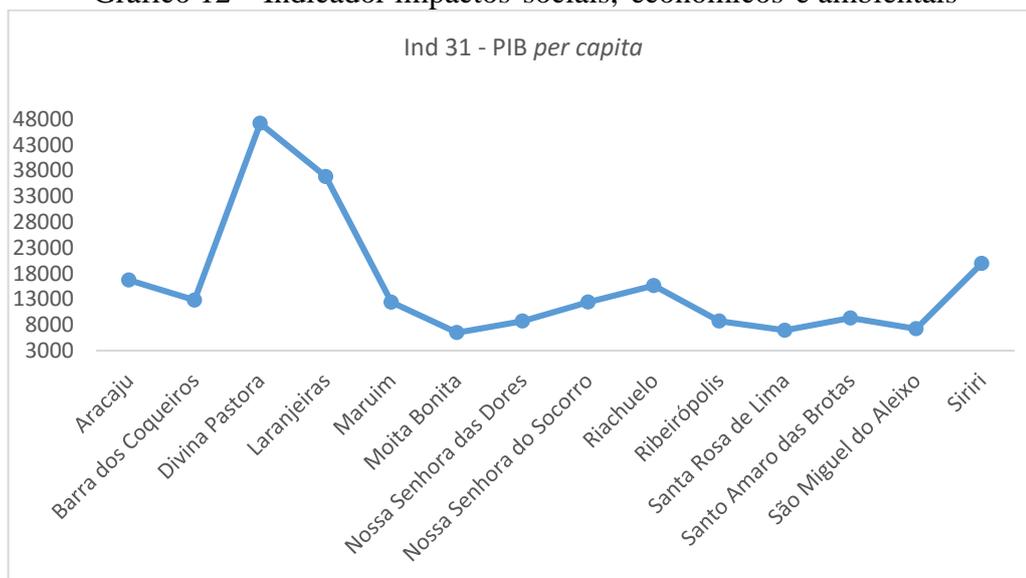


Fonte: O próprio autor

O indicador 31 exposto no Gráf. 12 evidencia os municípios que se apresentam com uma melhor renda *per capita*. O maior PIB *per capita* é o do município de Divina Pastora, Laranjeiras, Siriri, Aracaju e Riachuelo. O menor PIB *per capita* é registrado em Moita Bonita. A média dos municípios foi R\$ 15807,5 o valor mínimo R\$ 6492,11 e valor máximo de R\$ 47163,8.

É importante destacar que embora seja um índice muito útil, por se tratar de uma média, esconde várias desigualdades na distribuição de renda. Por exemplo, um município pode ter uma boa renda *per capita*, mas um alto índice de concentração de renda e grande desigualdade social. Também é possível que um país tenha uma baixa renda *per capita*, mas não haja muita concentração de renda, não existindo assim grande desigualdade entre ricos e pobres, o que denota a fragilidade em adotar apenas esse indicador para realizar deduções generalistas no que se refere ao tema aqui investigado.

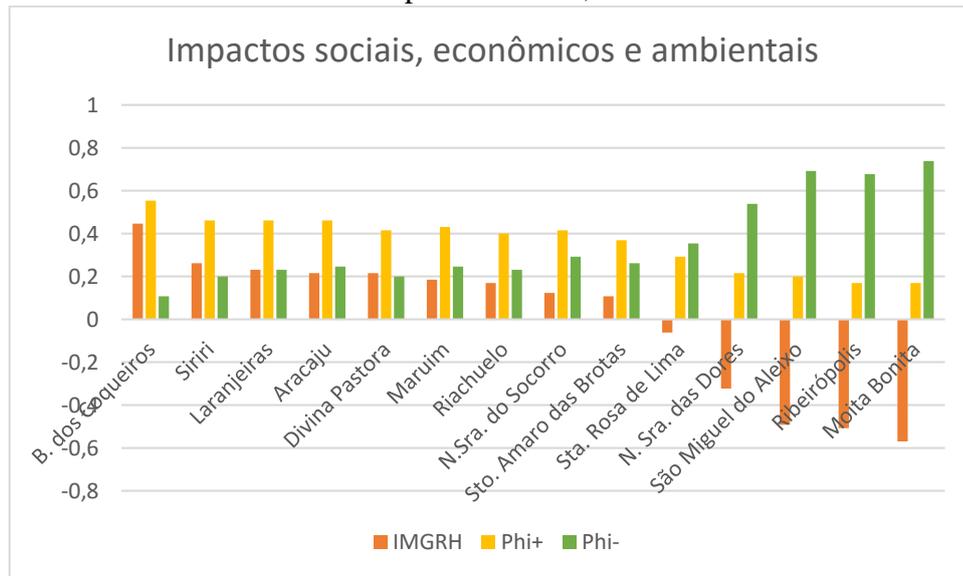
Gráfico 12 – Indicador impactos sociais, econômicos e ambientais



Fonte: O próprio autor

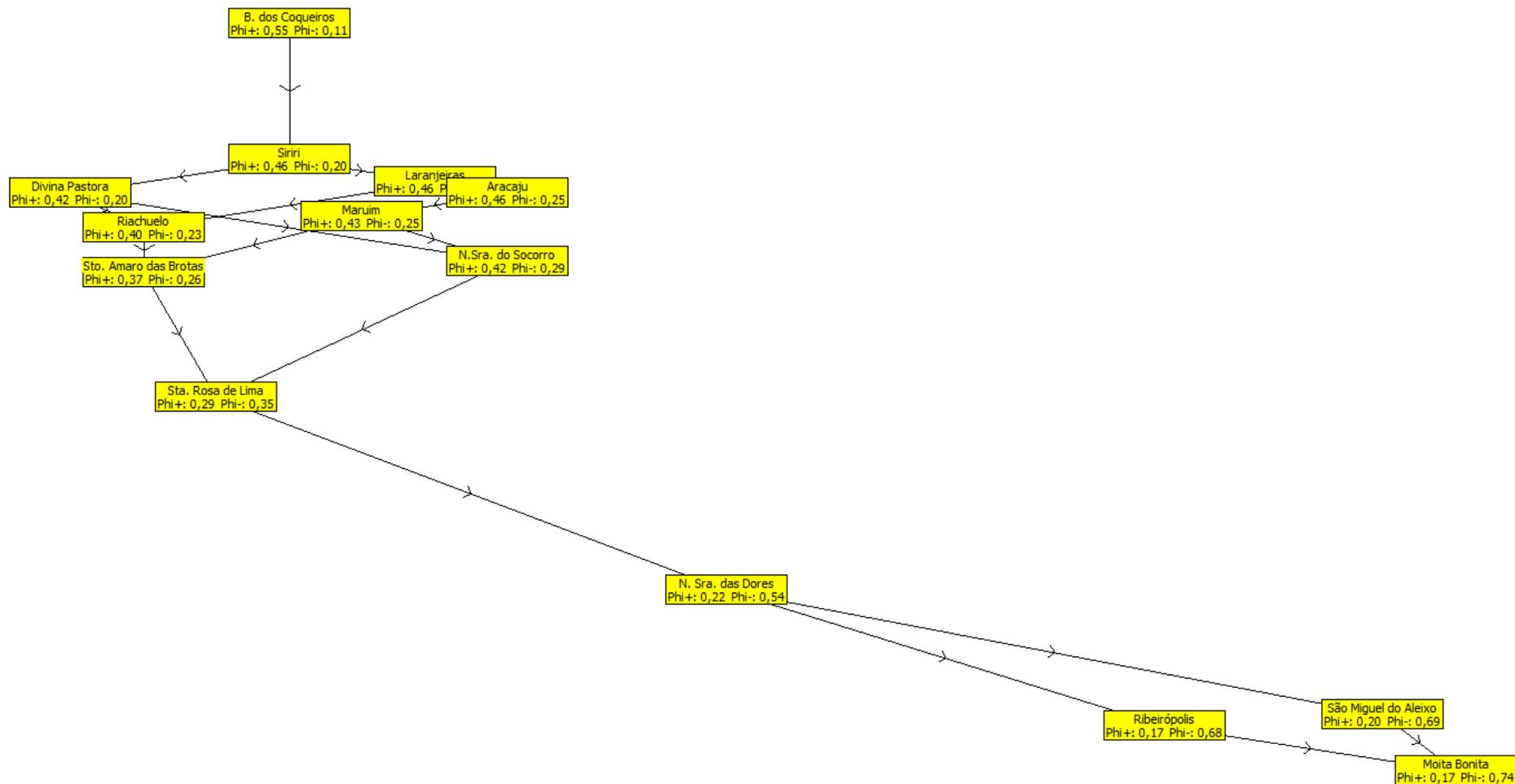
Nessa simulação pode-se observar através do Gráf. 13 e na Fig. 16 que os municípios com fluxo líquido positivo foram Barra dos Coqueiros, Siriri, Laranjeiras, Aracaju, Divina Pastora, Maruim, Riachuelo, Nossa Senhora do Socorro e Santo Amaro das Brotas. Os demais apresentaram desempenhos negativos em menor proporcionalidade.

Gráfico 13 – Dimensão impactos sociais, econômicos e ambientais



Fonte: O próprio autor

Figura 16 – Rede do PROMETHEE: Dimensão impactos sociais, econômicos e ambientais



Fonte: O próprio autor

4.7 Dimensão Preservação ambiental

A dimensão preservação ambiental é composta por indicadores relacionados à temática de educação ambiental (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – IDEB 4º série / 5º ano e proteção de fontes de água, como, por exemplo, indicadores existência de matas ciliares e existência de reserva legal no município).

O Ideb foi criado pelo Inep em 2007, em uma escala de zero a dez. Sintetiza dois conceitos igualmente importantes para a qualidade da educação: aprovação e média de desempenho dos estudantes em língua portuguesa e matemática. O indicador é calculado a partir dos dados sobre aprovação escolar, obtidos no Censo Escolar, e médias de desempenho nas avaliações do Inep, o Saeb e a Prova Brasil.

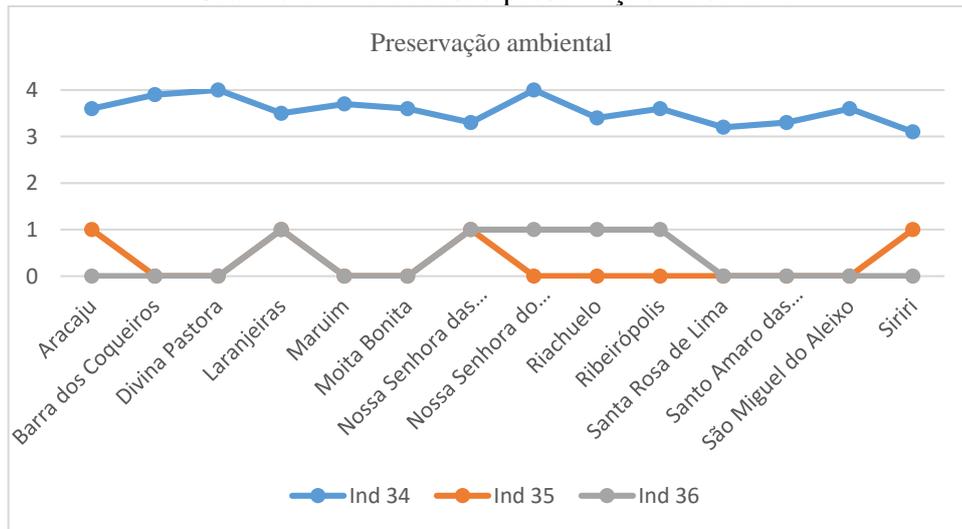
De acordo com o Gráf. 14, observa-se que para o indicador 34 (Ideb), todos os municípios tiveram desempenho variando entre 3,0 e 4,0. Considerado baixo para os municípios da área de estudo, mas que ao longo dos anos vem melhorando seus resultados, uma vez que a meta nacional a ser atingida em 2022 é de 6,0.

O indicador 35 trata da existência de mata ciliares, apenas nos municípios de Laranjeiras, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora do Socorro, Riachuelo e Ribeirópolis, existem mata ciliares ou projetos de revitalização da área. Enquanto que os outros municípios da referida área de estudo não existem nenhum tipo de mata ciliar e nem possui nenhum tipo de projeto, no qual denota uma falta de preocupação por parte dos gestores públicos e sociedade para com esse tipo de ação.

O indicador 36 (existência de reserva legal), apenas os municípios de Laranjeiras, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora do Socorro, Riachuelo e Ribeirópolis possuem reservas cadastradas. Segundo Vieira (2012), a Grande Aracaju possui 8444,69 ha de reserva legal. Em todo Estado são 285.000 hectares (ha) de cobertura nativa, em torno de 107.120,77 ha; fazem parte de Unidades de Conservação e 3.868,23 ha; ficam em terras indígenas.

A falta da preservação dessas áreas e com cobertura florestal bastante reduzida, resulta em uma diminuição da proteção aos recursos hídricos, ocasionando alto grau de degradação da vegetação no estado, o que pode contribuir para consequências ecológicas irreparáveis, como a perda de espécies de plantas e animais nativos, a invasão de espécies exóticas, o incremento da erosão do solo, e a diminuição da quantidade e da qualidade da água.

Gráfico 14 – Dimensão preservação ambiental

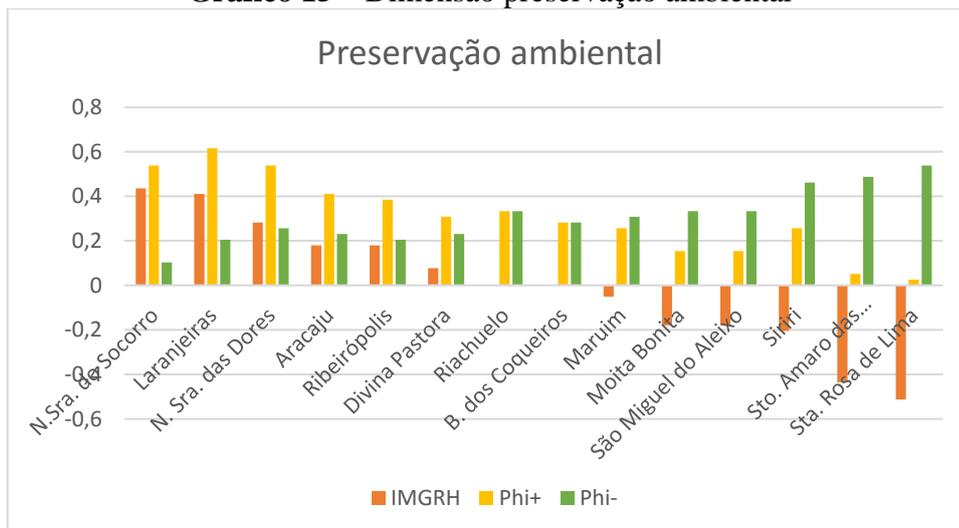


Ind 34 - IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica - 4ª série / 5º ano; ind 35 - existência de matas ciliares; ind 36 - existência de reserva legal.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

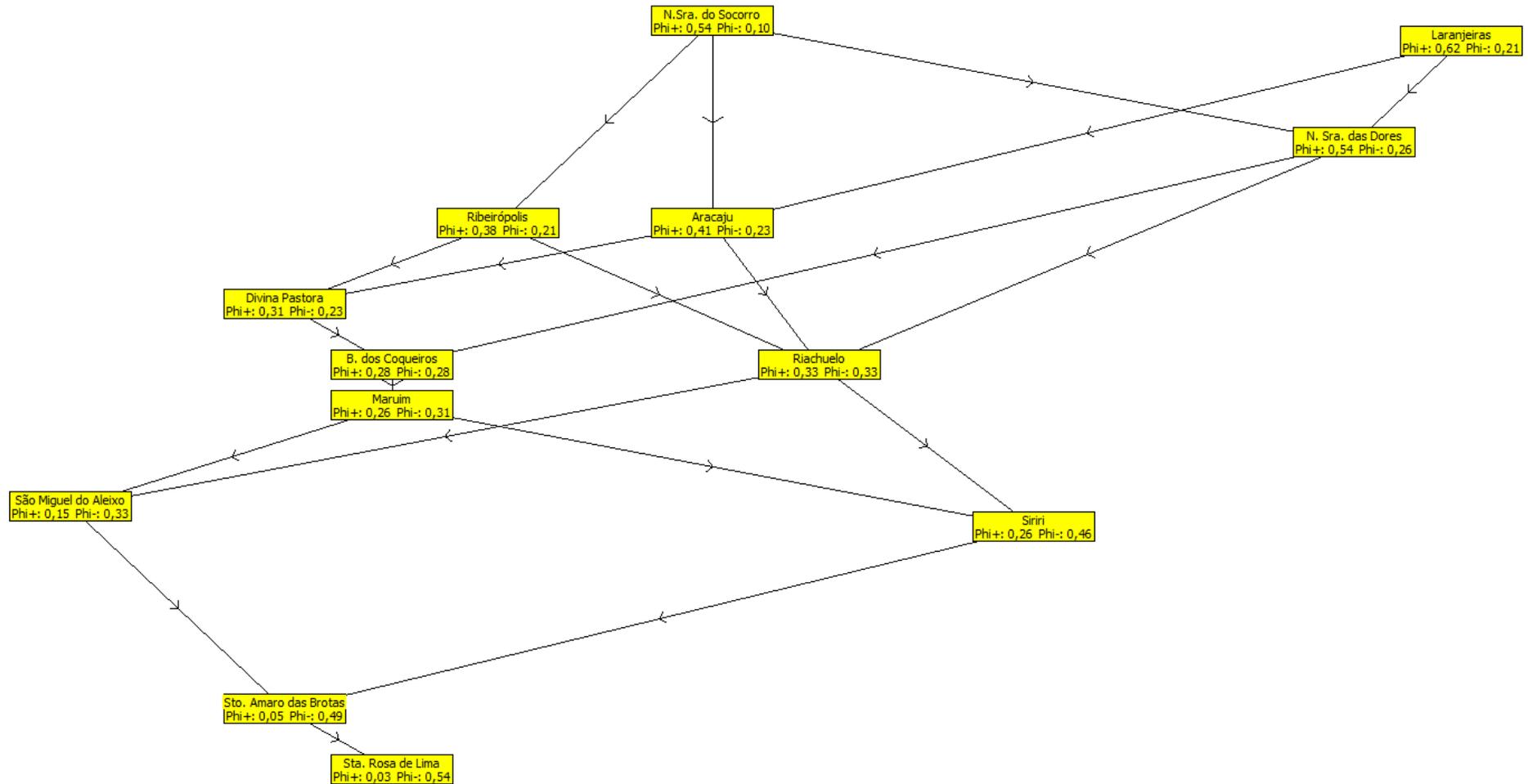
No cenário da preservação ambiental (Gráf. 15 e Fig. 17) o município de Nossa Senhora do Socorro apresentou a melhor posição, seguido de Laranjeiras, Nossa Senhora das Dores, Aracaju, Ribeirópolis e Divina Pastora com IMGRH positivo. Os municípios de Riachuelo e Barra dos Coqueiros permaneceram neutros, os fluxos positivos e negativos são iguais. E Com o IMGRH negativos estão os municípios de Maruim, Moita Bonita, São Miguel do Aleixo, Siriri, Santo Amaro das Brotas e Santa Rosa de Lima, em situação menos confortável conforme mostram os resultados obtidos pelo PROMETHEE.

Gráfico 15 – Dimensão preservação ambiental



Fonte: O próprio autor

Figura 17 – Rede do PROMETHEE: dimensão preservação ambiental



Fonte: O próprio autor

4.8 Ranking final de desempenho dos municípios

O município de Laranjeiras ocupa a primeira posição, indicando o melhor desempenho quando comparado com os outros municípios em relação a gestão dos recursos hídricos.

Em quase todas as dimensões o município de Laranjeiras se destacou ocupando as primeiras posições; assumiu o primeiro lugar na dimensão demanda de água, na dimensão gestão da água o quarto lugar, na dimensão impactos sociais, econômicos e ambientais ficou em terceiro lugar e em preservação ambiental em segundo lugar. Entende-se que esse resultado é reflexo das condições existentes para suprir as necessidades locais, dentre elas, o consumo relativo de água da equinocultura, caprinocultura, suinocultura, e ovinocultura, existência de representante do município participando do comitê de bacia hidrográfica, índice de atendimento urbano de água, índice de perda na distribuição de água pequeno, IDH-Municipal, PIB *per capita*, existência de matas ciliares e de reservas legal.

O município de Divina Pastora ocupou a segunda posição no ranking final, isso é reflexo do desempenho satisfatório apresentado nos indicadores relacionados à dimensão fontes de água (disponibilidade dos rios, potencial de expansão de poços subterrâneos e índice de qualidade da água dos poços subterrâneos) ocupando a 1ª posição, nos indicadores da dimensão gestão dos serviços de saneamento básico (despesa *per capita* com saúde, transferência de recursos correntes por habitantes, depósito dos resíduos sólidos em aterro sanitário) no qual ocupou a 3ª posição e a 5ª posição na dimensão impactos sociais, econômicos e ambientais conforme resultado do conjunto de indicadores dessa dimensão (IDH-Municipal, baixos casos de doenças por veiculação hídrica, possui maior PIB *per capita*).

O município de Nossa Senhora do Socorro se apresenta na 3ª posição no ranking, na dimensão preservação ambiental os indicadores contribuíram para que ela permanecesse na primeira colocação, na terceira posição na dimensão gestão da água e em quinta posição nas dimensões gestão dos serviços de saneamento básico e demanda de água.

A cidade de Aracaju ficou em quarto lugar no ranking, apesar de, nas dimensões gestão da água e gestão dos serviços de saneamento básico ocupar as primeiras colocações e nas dimensões preservação ambiental e impactos sociais, econômicos e ambientais ficar na quarta posição. Resultados esses que geraram fluxos positivos iguais aos fluxos negativos, determinando que são indiferentes devido ao fluxo líquido serem iguais.

Os municípios de Santa Rosa de Lima, Nossa Senhora das Dores e Ribeirópolis, ocuparam a 5ª, 6ª e 7ª posições no ranking respectivamente, estes são indiferentes devido ao fluxo líquido serem iguais.

Os municípios que foram sobreclassificados em maiores valores pelos demais, como mostra os resultados do fluxo líquido negativo, foram: Siriri, Moita Bonita, Santo Amaro das Brotas, Barra dos Coqueiros, Maruim, São Miguel do Aleixo e Riachuelo, ocupando a 8ª, 9ª, 10ª, 11ª, 12ª, 13ª e 14ª posição respectivamente. Apesar do município de Siriri ter ficado na 8ª colocação no ranking final, nas dimensões gestão das cidades em relação a água e impactos sociais, econômicos e ambientais, ficou na segunda posição. O município de Moita Bonita permaneceu em 4ª colocação nas dimensões fonte de água, demanda de água, gestão das cidades em relação a água. Santo Amaro das Brotas se destacou na dimensão fontes de água, ficando na segunda posição. Barra dos Coqueiros teve a melhor gestão quando se trata de impactos sociais econômicos e ambientais, ocupando a primeira colocação e na dimensão gestão da água ficou com a segunda posição. Maruim obteve a terceira posição na dimensão fontes de água, isso se deve ao fato dela está localizada em uma região que possui grande quantidade de poços subterrâneos. São Miguel do Aleixo se destacou na terceira posição na dimensão demandas de água. Enquanto que o município de Riachuelo ficou em última posição, assim como em quase todas as simulações, mostra que é o município de pior gestão dos recursos hídricos.

O Gráf. 16 e a Fig. 18 mostram os resultados obtidos através da simulação com todos os indicadores do modelo e em todas as dimensões propostas neste estudo.

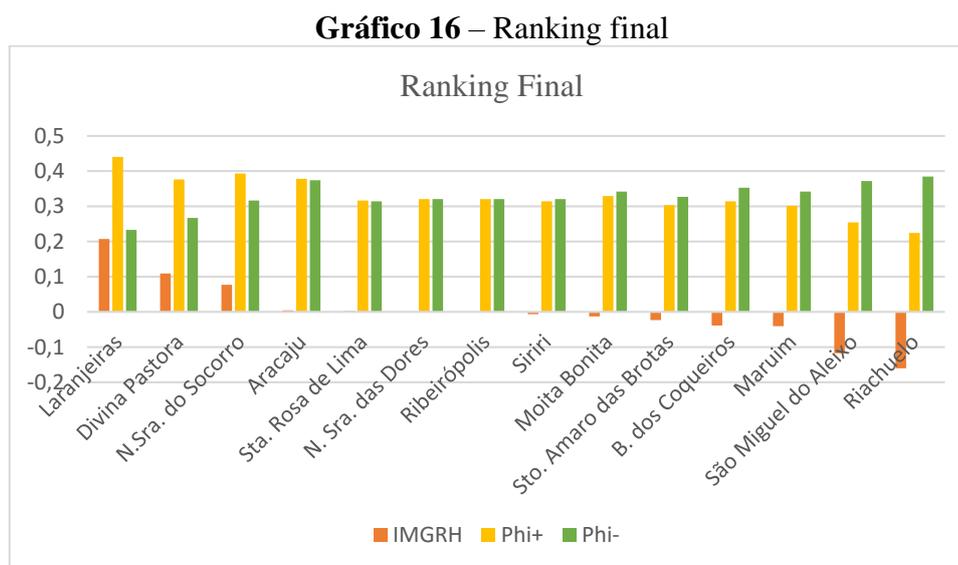
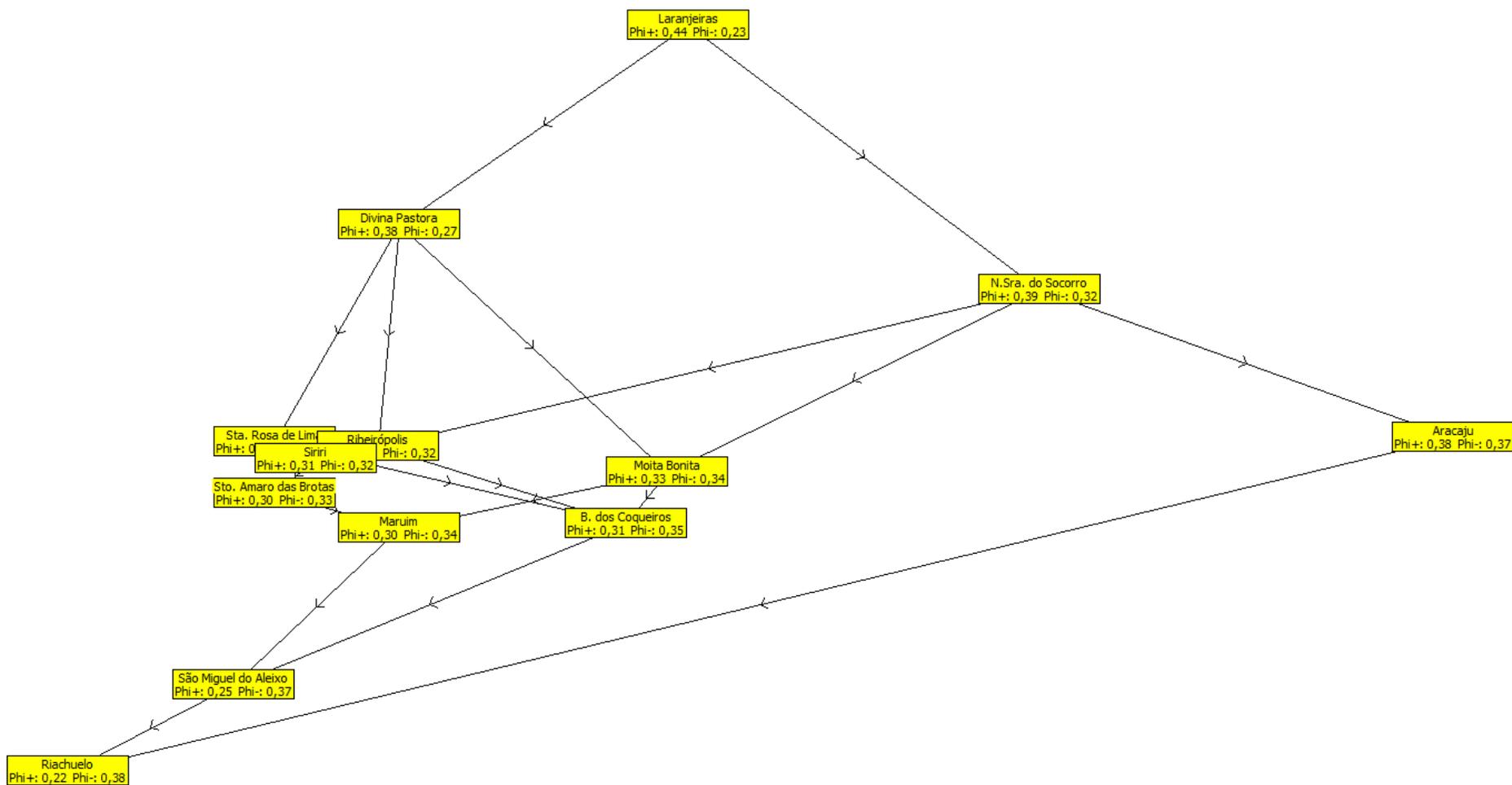


Figura 18 – Rede do PROMETHEE: Ranking final



Fonte: O próprio autor

5 Considerações Finais

O trabalho apresentado teve como proposta realizar uma análise comparativa multicriterial, via método PROMETHEE II, entre o desempenho de municípios quanto à disponibilidade de água, demandas da água, gestão da água, gestão dos serviços de saneamento básico, impactos econômicos, sociais, ambientais e preservação ambiental.

O Sistema de Indicadores para a Gestão de Recursos Hídricos dos Municípios da área de estudo foi estruturado em seis dimensões e trinta e seis indicadores.

Na etapa da análise multicriterial fez-se a escolha do método PROMETHEE II pela adequação de suas características aos objetivos propostos, permitindo a modelagem da preferência de maneira bastante simples e de fácil entendimento. Um método que vem sendo amplamente utilizado, principalmente no âmbito internacional. Além disso, atende de forma perfeita à problemática de escolha de alternativas, procurando esclarecer o problema para apoiar todo o processo de decisão, configurando-se como uma ferramenta que proporcionou o ordenamento geral do desempenho das cidades.

Este trabalho é uma ferramenta útil, que vai servir para dar suporte na tomada de decisão e conseqüentemente podem melhorar a gestão dos recursos hídricos dos municípios envolvidos.

A análise do comportamento dos indicadores permitiu apontar as deficiências de cada município quando se analisa individualmente cada variável, apontando ainda aqueles com similaridades, demonstrando a situação do contexto geográfico que foi estudado.

Diante do que foi exposto é possível observar após a construção do *ranking* final, que a situação mais “confortável” em ordem decrescente, se apresenta nos municípios de Laranjeiras, Divina Pastora, Nossa Senhora do Socorro, Aracaju, Santa Rosa de Lima, Nossa Senhora das Dores, Ribeirópolis, Siriri, Moita Bonita, Santo Amaro das Brotas, Barra dos Coqueiros, Maruim, São Miguel do Aleixo e Riachuelo.

Conforme resultado obtido através do PROMETHEE II, foi possível observar que todos os municípios da área de estudo apresentam fragilidades na gestão de recursos hídricos que precisam serem reparadas e discutidas por parte dos órgãos responsáveis e gestores dos municípios.

Laranjeiras mesmo se sobressaindo no *ranking* final de desempenho com a melhor gestão, necessita de ajustes no que se refere principalmente as dimensões fontes de água e a gestão dos serviços de saneamento básico (disponibilidade dos rios, fração das residências atendidas por poços subterrâneo, potencial de expansão de cisternas, percentual de coleta de

esgoto no município, despesa *per capita* com saneamento, despesa *per capita* com gestão ambiental, ausência de aterro sanitário ou projeto).

Divina Pastora necessita de ações efetivas nas dimensões demandas de água, gestão da água e preservação ambiental (consumo *per capita* de água da população, consumo relativo de água por hectare de lavoura sazonal, existência de piscicultura no município, possibilidade de expansão da piscicultura no município, representante do município participando do comitê de bacia hidrográfica, fração da demanda outorgada para abastecimento humano, para atendimento industrial e para outros usos/comerciais e serviços, fração de perdas na distribuição da água, existência de matas ciliares e existência de reservas legal).

Nossa Senhora do Socorro carece de melhorias nas dimensões fontes de água; demanda de água; impactos sociais, econômicos e ambientais (disponibilidade dos rios, fração de residências atendidas por poços subterrâneos, índice de qualidade da água dos poços; transmissão de doenças por veiculação hídrica; PIB *per capita*).

Aracaju apesar de ser a capital do Estado de Sergipe, ficou em quarto lugar no ranking final, necessita de ações efetivas relacionadas as dimensões fontes de água e demanda de água (disponibilidade dos rios, fração das residências atendidas por poços subterrâneos, potencial de expansão de poços subterrâneos, índice de qualidade da água dos poços, potencial de expansão das cisternas). Justifica-se pelo fato de que a água utilizada no município, em torno de 70 a 80%, é oriunda de fora da bacia do Rio Sergipe, ou seja, é realizada a transposição através de conduto forçado, tanto do Rio São Francisco quanto do Rio Poxim, para atender as demandas deste município. Outro fator importante é que a água do Oceano está adentrando no Rio Sergipe, tornando – a imprópria para atender as necessidades humanas pelo fato de conter alto grau de salinidade.

Santa Rosa de Lima precisa de investimentos nas dimensões gestão dos serviços de saneamento básico; impactos sociais, econômicos e ambientais; preservação ambiental (percentual da coleta de esgotos no município, transferência de recursos por habitante, despesa *per capita* com saneamento, despesa *per capita* com gestão ambiental, existência de aterro sanitário no município ou projeto, fração da população atendida pela coleta de resíduos sólidos do município, susceptibilidade a desertificação, índice de aridez, existência de matas ciliares e existência de reservas legal).

Nossa Senhora das Dores apresenta fragilidades em relação gestão da água; gestão dos serviços de saneamento básico; impactos sociais, econômicos e ambientais (representantes do município participando do comitê de bacia hidrográfica, fração de demanda outorgada para abastecimento humano, para abastecimento industrial, outros usos/comercial e serviços,

percentual da coleta de esgotos, despesa *per capita* com saúde, despesa *per capita* com saneamento, despesa *per capita* com gestão ambiental, existência de aterro sanitário).

Ribeirópolis necessita de políticas públicas mais ousadas para garantir o atendimento às necessidades da população em relação a fontes de água; gestão da água; gestão dos serviços de saneamento básico; impactos sociais, econômicos e ambientais (disponibilidade dos rios, potencial de expansão de cisternas, representante do município participando do comitê de bacia hidrográfica, fração de demandas outorgadas para abastecimento humano, para abastecimento industrial, outros usos/comercial e serviços, percentual da coleta de esgotos, despesa *per capita* com saneamento, despesa *per capita* com gestão ambiental, existência de aterro sanitário).

Siriri carece de estratégias voltadas aos seguintes aspectos: preservação ambiental; gestão da água e fontes de água (disponibilidade dos rios, fração de residências atendidas por poços subterrâneos, potencial de expansão dos poços, índice de qualidade da água dos poços, representante do município participando do comitê de bacia hidrográfica, fração de demandas outorgadas para abastecimento humano, para abastecimento industrial, outros usos/comercial e serviços, existência de matas ciliares).

Moita Bonita também apresenta fragilidades em relação à gestão da água; impactos sociais, econômicos e ambientais; preservação ambiental (representante do município participando do comitê de bacia hidrográfica, fração de demandas outorgadas para abastecimento humano, para abastecimento industrial, outros usos/comercial e serviços, PIB *per capita*, susceptibilidade a desertificação, índice de aridez, existência de matas ciliares e existência de reservas legal).

Em Santo Amaro das Brotas a gestão pública e demais partes interessadas na gestão da água, precisam buscar, definir estratégias e ações efetivas para melhorar os indicadores: consumo relativo de água por hectare de lavoura permanente, consumo relativo de água por hectare de lavoura sazonal, percentual da coleta de esgotos no município, despesa *per capita* com saúde, despesa *per capita* com saneamento, despesa *per capita* com gestão ambiental, existência de aterro sanitário, índice de aridez, existência de matas ciliares e existência de reservas legal).

Barra dos Coqueiros apresenta fragilidades em relação a dimensão fontes de água; gestão dos serviços de saneamento básico e preservação ambiental (disponibilidade dos rios, fração das residências atendidas por poços subterrâneo, potencial de expansão dos poços subterrâneos, índice de qualidade dos poços subterrâneos, potencial de expansão de cisternas, percentual da coleta de esgotos no município, despesa *per capita* com saneamento, despesa *per*

capita com gestão ambiental, fração da população atendida pela coleta de resíduos sólidos do município, existência de matas ciliares e existência de reservas legal).

Maruim apresenta problemas que precisam ser minimizados em relação a demandas de água; gestão da água; gestão dos serviços de saneamento básico e preservação ambiental (consumo relativo de água por hectare de lavoura sazonal, representante do município participando do comitê de bacia hidrográfica, fração de demandas outorgadas para abastecimento industrial, outros usos/comercial e serviços, percentual da coleta de esgotos no município, despesa *per capita* com saneamento, despesa *per capita* com gestão ambiental, existência de matas ciliares e existência de reservas legal).

São Miguel do Aleixo apresentou níveis insatisfatórios nos seguintes indicadores: disponibilidade dos rios, fração das residências atendidas por poços subterrâneos, potencial de expansão dos poços subterrâneos, índice de qualidade dos poços subterrâneos, representante do município participando do comitê de bacia hidrográfica, fração de demandas outorgadas para abastecimento humano, para abastecimento industrial, outros usos/comercial e serviços, susceptibilidade a desertificação, índice de aridez e existência de reserva legal).

Riachuelo apresenta níveis insatisfatórios nos seguintes indicadores: disponibilidade dos rios, fração de residências atendidas por poços subterrâneos, potencial de expansão dos poços, índice de qualidade da água dos poços, potencial de expansão de cisternas, consumo relativo de água por hectare de lavoura sazonal, existência de piscicultura no município, possibilidade de expansão da piscicultura no município, representante do município participando do comitê de bacia hidrográfica, fração de demandas outorgadas para abastecimento humano, para abastecimento industrial, outros usos/comercial e serviços.

Observa - se que este cenário ainda se apresenta longe do ideal em relação à gestão dos recursos hídricos, mesmo nos municípios que apresentam níveis satisfatórios. Se faz necessário investir em saneamento básico, como por exemplo, no abastecimento de água potável, o manejo de água pluvial, a coleta e tratamento de esgoto, a limpeza urbana, o manejo de resíduos sólidos e o controle de pragas e qualquer tipo de agente patogênico, visando à saúde da população de cada município.

As reflexões, críticas e informações disponibilizadas neste trabalho se propõem a ampliar a discussão em torno das políticas públicas na área da gestão dos recursos hídricos de modo a consubstanciar resultados mais satisfatórios a esse contexto, seja através do entendimento e ampliação da participação popular no processo de construção dessas políticas sociais, quanto para o aperfeiçoamento técnico dos órgãos gestores

Afinal, entende-se que nenhuma metodologia de avaliação conseguirá ficar isenta de críticas, de forma que as críticas sejam consideradas, levando a um processo contínuo de aprendizagem. De maneira geral, é interessante ressaltar que possivelmente outros indicadores poderiam ter sido considerados na análise, como também outras alternativas de solução incorporadas.

Sendo necessário deixar claro as limitações de cada processo avaliativo, já que nenhum deles conseguirá contemplar todas as variáveis envolvidas na complexidade da questão ambiental e em especial a gestão das águas.

Este estudo contribui para o levantamento de informações dos municípios que compõe a Unidade de Planejamento do baixo Rio Sergipe, sendo poucas as informações disponíveis para esta área, no qual encontrou-se dificuldades para obtê-las por falta de pesquisa nessa bacia hidrográfica.

Como sugestão para trabalhos futuros indica-se a aplicação do modelo em outros contextos específicos do estado de Sergipe e em outros estados. Pode-se usar novas estratégias como por exemplo, a adoção de outros métodos multicritério, ao invés do PROMETHEE II, de modo a identificar se existem diferenças significativas entre os métodos.

Referências bibliográficas

ACOLET, T. **Modelo de análise de crédito fundamentado no ELECTRE TRI**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissionalizante em Administração das Faculdades IBMEC, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL), AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), *Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos*, Brasília, 2001.

ALMEIDA, A.T.; COSTA, A.P.C.S. Modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método PROMETHEE. **Gestão & Produção**, v. 9, n. 2, ago 2002.

ANDRADE, M. M. de; **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico**, elaboração de trabalhos na graduação / Maria Margarida de Andrade. – 10. Ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

ARAÚJO, A. G. de; ALMEIDA, A. T. de. *Apoio à decisão na seleção de investimentos em petróleo e gás: uma aplicação utilizando o método PROMETHEE*. Revista Gest. Prod., São Carlos, v. 16, n. 4, p. 534-543, out.-dez. 2009.

Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe (2014), versão 11. 2014 (Pen Card).

BANA E COSTA, C.; STEWART, T.J.; VANSNICK, J. **Multicriteria decision analysis: some thoughts on the tutorial and discussion sessions of the ESIGMA meetings**. European Journal of Operational Research, v. 99, 1997.

BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. **Controle Ambiental da Água**. In: PHILIPPI JR, Arlindo; RÓMERO, M. de A.; BRUNA, Gilda C. (Orgs.). Curso de Gestão Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004, pp. 53-99.

BEHZADIAN, M.; KAZEMZADEH, R. B.; ALBADVI A.; AGHDASI, M. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research**, 200, p. 198-215, 2010.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. H.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank project: The PROMETHEE method. **European Journal of Operational Research**, v. 24, 1986, pp. 228-238.

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=145411>. Acesso em: junho de 2014.

BRAGA, B.; GOBETTI, L. **Análise Multiobjetivo**. In.: Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos. (Org) Rubem La Laina Porto et. al. 2 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2002, pp. 361-418.

CALLADO, A. L. C. **Modelo de Mensuração de Sustentabilidade Empresarial: Uma Aplicação em Vinícolas Localizadas na Serra Gaúcha.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Agronegócios. UFRGS. Porto Alegre RS, 2010.

CARVALHO, J. R. M. de. **Sistema de Indicadores para a Gestão de Recursos Hídricos em Municípios: uma abordagem dos métodos multicritérios e multidecisor.** Tese de Doutorado em Recursos Naturais. Centro de Tecnologias e Recursos Naturais. UFCG. Campina Grande, PB. 255 p, 2013.

CARVALHO, J. R. M. de; CURI, W. F.; CARVALHO, E. K. M. de A.; CURI, R. C. Metodologia para avaliar a sustentabilidade ambiental de município utilizando análise multicritério. **REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade** – Vol. 1, no 1, p.18-34, 2011.

CARVALHO, J.R.M.; CARVALHO, E.K.M.A.; CURI, W.F. **Metodologia para avaliar a saúde ambiental: Uma aplicação em municípios aplicando a análise multicriterial.** In: Anais do III Congresso Nacional de Administração e Ciências Contábeis (AdCont), Rio de Janeiro, 2012.

CARVALHO, R. G. de; KELTING, F. M. S.; SILVA, E. V. da. Indicadores socioeconômicos e gestão ambiental nos municípios da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, ano 23, n.1, p. 143-159, 2011.

CASTRO, L. M. A. de; BAPTISTA, M. B.; BARRAUD, S.; Sistemática de Validação de Indicadores para a Avaliação dos Efeitos da Urbanização nos Corpos de Água por meio de Análise Crítica. **RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Volume 14 n.4, p. 103-112, 2009.

COELHO, A.C.P., GONTIJO JÚNIOR, W.C. e CARDOSO NETO, A. 2005. *Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos uma Proposta Metodológica.* In: SILUSBA, 7. 2005. Évora, Portugal.

COHIDRO – Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe (2013). Disponível em <http://www.cohidro.se.gov.br>, consultado em janeiro de 2015.

COSTA, R. S. **Avaliação multiobjetiva de cenários para usos múltiplos nos pequenos açudes da bacia hidrográfica do açude de sumé – PB.** Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, 176 p, 2011.

DESO – Companhia de Saneamento de Sergipe (2013). Disponível em <http://www.deso-se.com.br>, consultado em março de 2015.

FARIA, A.S.; SRDJEVIC, B.; MEDEIROS, Y.D.P.; SCHAEER-BARBOSA, M. **Modelo de redes de fluxo e análise multi-criterial – Uma aplicação à gestão de recursos hídricos na bacia do rio Paraguaçu.** In: Anais do VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Maceió, 2002

GOMES, E.G.; MELLO, J.C.C.B.S.; MANGABEIRA, J.A.C. **Agregação ordinal de produtividades parciais: Estudo de caso em agricultura familiar.** Associação Portuguesa de Investigação Operacional, v. 27, 2007.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. **Tomada de decisão gerencial: Enfoque multicritério**. 2 ed. Editora Atlas. São Paulo, 2006.

GONÇALVES, R.W. **Métodos multicritérios como apoio à decisão em comitês de bacias hidrográficas**. Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade de Fortaleza, 2011.

GUIMARÃES, L. T. **Proposta de um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para Bacias Hidrográficas**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008, p. 237.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. Desafios na Construção de Indicadores de Sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, v. 12, n. 2, jul.-dez. 2009, pp. 307-323.

GWP (GLOBAL WATER PARTNERSHIP). 2000. **Integrated water resources management**. TacBackground Papers No. 4. Stockholm, Sweden, GWP.

HE, C.; MALCOLM, S. B.; DAHLBERG, K. A.; FU, B. A conceptual framework for integrating hydrological and biological indicators into watershed management. **Landscape and Urban Planning**, 2000, pp. 25-34.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=28&search=sergipe>. Acesso: Ano de 2014.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (2010). Disponível em <http://www.incra.gov.br>, consultado em novembro de 2014.

JICA - *Japan International Cooperation Agency. The Study on Water Resources Development in the State of Sergipe in the Federative Republic of Brazil*, 229 p, 2000.

LANDIM, M. F.; FONSECA, E. L. A Mata Atlântica de Sergipe – diversidade florística, fragmentação e perspectivas de conservação. Caxambu – MG. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 23 a 28 de Setembro de 2007.

LIMA, C. A. G. *Análise e sugestão para diretrizes de uso das disponibilidades hídricas superficiais da bacia hidrográfica do rio Piancó, localizada no Estado da Paraíba*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. UFCG, PB, 2004, 274 p.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M. de; AQUINO, D. do N.; LOBATO, F. A. de O.; MENDONÇA, M. A. B. Indicadores de Sustentabilidade o Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú, Ceará, empregando a análise multivariada. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 40, nº 1, p. 17-26, 2009.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: Realidade e Perspectivas para o Brasil a partir da Experiência Francesa**. 2 ed. Editora Bertrand Brasil, 2011, p. 686.

MARTINS, G. de A.; THEÓFILO, C. R. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais e Aplicadas**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009, p. 247.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. Porto Alegre, 1999. 208 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

MATZENAUER, H.B. **Avaliação da sustentabilidade ambiental de municípios Paraibanos: Uma aplicação utilizando o método PROMETHEE II**. Tese de Doutorado Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 1, 2003.

MEDEIROS, C. M.; RIBEIRO, M. A. de F. M.; LIMA, U. D.; BARBOSA, D. L.; CEBALLOS, B. S. O. de; RIBEIRO, M. M. R.. Proposta de um Índice de Qualidade de Água (IQA) para Formação de um Coeficiente de Cobrança: Aplicação na Porção Sedimentar do Baixo Curso do rio Paraíba. In: X SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, Fortaleza/CE, 16 a19 de novembro de 2010. *Anais...* Fortaleza, 2010.

MONTE, F. P. do. **Análise Comparativa da Importância de Vinte Açudes na Bacia de Sumé – PB com o Emprego de Métodos Multicriterial e Multidecisor**. Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, 2013.

MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. de. Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água. **Pesquisa. Operacional**, vol. 26, no 3, Rio de Janeiro/RJ, set./dez. 2006, pp. 567-584.

MORAIS, D.C.; ALMEIDA, A.T. **Water supply system decision making using multicriteria analysis**. Water SA (online), v.32, n. 2, 2006.

NETTO, A. O. A.; JUNIOR, E. M. B. M. Conflitos ambientais e processos judiciais na bacia hidrográfica do rio Sergipe. *Scientia Plena*, v. 7, n.1, 2011.

POMPERMAYER, R. S. de; **Aplicação da Análise Multicritério em Gestão de Recursos Hídricos: Simulação para as Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP, 2003, p.137.

RICHARDSON, R. J.; **Pesquisa Social Métodos e Técnicas**. PERES, J. A. S. de; et. al. (Colab.). 3 ed. 7 reimpressão. São Paulo: Atlas, 2007, p. 334.

SAATY, T.L., *Decision Making with Dependence and Feedback : The Analytic Network Process (ANP and ECNET Software) Guide, Manual and Examples*, Pittsburgh-PA, 1996-1997.

SANTOS, R.B. **Avaliação de intervenções hidráulicas na bacia do rio Gramame - PB com o uso das técnicas de análise multiobjetivo e multicriterial**. Tese de Doutorado Apresentada ao Programa de Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, 2009.

SANTOS, R.B.; CURI, W.F.; SANTOS, V.S. **Desempenho agrícola com o uso de modelo de otimização multiobjectivo**. In: Anais do X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Fortaleza, 2010.

SERGIPE. PERH-SE: Plano Estadual de Recursos Hídricos. Governo do Estado de Sergipe; Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, SEMARH; Superintendência de Recursos Hídricos, SRH – Brasília, DF: Consórcio PROJETEC/TECHNE, 2010.

_____. Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no estado de Sergipe: PAE-SE. – Aracaju: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Superintendência de Recursos Hídricos, Sergipe, Brasil, 2012.

SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (2013). Disponível em <http://www.semarh.se.gov.br>, consultado em novembro de 2014.

SILVA, A. M. da; CORREIA, A. M. M.; CÂNDIDO, G. A. *Ecological Footprint Method: Avaliação da Sustentabilidade no Município de João Pessoa, PB*. In: CÂNDIDO, G. A. Desenvolvimento Sustentável e Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade: Formas de aplicações em contextos geográficos diversos e contingências específicas. Campina Grande, PB: Ed. UFCG, 2010, pp. 236-271.

SILVINO, G.S; CURI, W. F.; CURI, R. C. **Modelos multicriteriais hierárquicos multidecisores com diferentes abordagens de agregação de preferências dos decisores**. GEPROS: Gestão da Produção, Operações e Sistemas, n. 1, jan-mar 2013.

SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2011) **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2011**. Disponível em <http://www.snis.gov.br>, consultado em novembro de 2014.

SOARES, S. R. **Análise multicritério com instrumento de gestão ambiental**. Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

SOUZA, A. C. de; FIALHO, F. A. P.; OTANI, N. **TCC – Métodos e Técnicas**. Florianópolis, Visual Books, 2007, p. 160.

SVENDSEN, M., P. WESTER and F. Molle, ‘Managing River Basins: an Institutional Perspective’, in M. Svendsen, ed., *Irrigation and River Basin Management: options for governance and institutions*, (Cambridge, Mass: CABI), 2004.

VETORAZZI, C.A. **Avaliação multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conservação dos recursos hídricos**. Tese de dissertação Apresentada à Escola Superior da Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, 2006.

VIEIRA, P. M. S.; STUDART, T. M. C. Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidro-Ambiental de Áreas Serranas no Semiárido Brasileiro - Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 14, nº4 out/dez 2009, pp. 125-136.

VIEIRA, T. R. S.; **Análise histórica dos processos de averbação das reservas legais no estado de Sergipe**. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Programa de Pós - Graduação e Estudos em Recursos Naturais, Universidade Federal de Sergipe, 87 p, 2012.

VILAS BOAS, C.L. **Modelo multicritérios de apoio à decisão aplicado ao uso múltiplo de reservatórios: estudo da barragem do Ribeirão João Leite**. Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Brasília, 2006.

VINCKE, P. *Multicriteria Decision-aid*. Jonh Wiley & Sons Ltd. 1992.

WENG, S. Q.; HUANG, G. H.; LI, Y. P. An integrated scenario-based multi-criteria decision support system for water resources management and planning – A case study in the Haihe River Basin. **Expert Systems with Applications**, 37, 2010, pp. 8242-8254.

ZUFFO, A.C. **Incorporação de matemática Fuzzy em métodos multicriteriais para descrever critérios subjetivos em planejamento de recursos hídricos: Fuzzy - CP e Fuzzy - CGT**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, n. 4, out./dez 2011.

ZUFFO, A.C.; REIS, L.F.R.; SANTOS, R.F.; CHAUDRY, F.H. **Aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento de recursos hídricos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, jan/mar 2002.

Municípios	Gestão das cidades em relação a água							Impactos sociais, econômicos e ambientais					Preservação ambiental		
	Ind 22	Ind 23	Ind 24	Ind 25	Ind 26	Ind 27	Ind 28	Ind 29	Ind 30	Ind 31	Ind 32	Ind 33	Ind 34	Ind 35	Ind 36
Aracaju	35,9	702,79	1221,28	28,22	0,914	1	4	0,77	117	16698,72	0	1	3,6	1	0
Barra dos Coqueiros	0	408,97	1109,43	0	0	1	0	0,649	0	12798,48	0	1	3,9	0	0
Divina Pastora	0	609,7	3441,23	0	0	1	1	0,61	2	47163,81	0	1	4	0	0
Laranjeiras	0	700,7	1247,92	0	0,084	0	4	0,642	6	36819,07	0	1	3,5	1	1
Maruim	0	412,35	1395,81	0	0	0	4	0,618	1	12405,29	0	1	3,7	0	0
Moita Bonita	0	310,16	1345,59	6,1365	2,718	0	4	0,587	0	6492,11	1	3	3,6	0	0
Nossa Sr ^a das Dores	0	273,16	1257,09	0	0	0	4	0,6	2	8723,99	0	2	3,3	1	1
Nossa Sr ^a do Socorro	27	253,58	868,75	0	3,772	1	4	0,664	7	12407,95	0	1	4	0	1
Riachuelo	0	337,37	1562,55	0	0	1	4	0,617	2	15628,19	0	1	3,4	0	1
Ribeirópolis	0	340,97	1272,64	4,4525	0	0	4	0,613	2	8719,65	1	2	3,6	0	1
Santa Rosa de Lima	0	575,64	2548,9	0	0	0	0	0,592	0	6944,53	0	1	3,2	0	0
Santo Amaro das Brotas	0	280,99	1434,61	0	0	0	4	0,637	2	9332,36	0	1	3,3	0	0
São Miguel do Aleixo	0	494,5	2521,07	0	0	0	4	0,567	0	7235,21	1	2	3,6	0	0
Siriri	0	533,16	1947,46	0	0	1	4	0,609	1	19935,5	0	1	3,1	1	0