



Universidade de Brasília – UnB

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. FACE

Departamento de Economia.

Programa de Pós-graduação em Economia

MESTRADO EM GESTÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE

**CUSTO EFETIVIDADE DE TECNOLOGIA ALTERNATIVA DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO PARA PEQUENOS MUNICÍPIOS**

MARTA CRISTINE PERES BARROS

BRASÍLIA – DF

2014

**CUSTO EFETIVIDADE DE TECNOLOGIA ALTERNATIVA DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO PARA PEQUENOS MUNICÍPIOS**

MARTA CRISTINE PERES BARROS

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Economia - Gestão Econômica do Meio Ambiente, da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Centro de Estudos em Economia, Meio Ambiente e Agricultura (CEEMA), Departamento de Economia, Universidade de Brasília (UnB).

**Orientador: Prof. Dr. Jorge Madeira
Nogueira**

BRASÍLIA – DF

2014

MARTA CRISTINE PERES BARROS

**CUSTO EFETIVIDADE DE TECNOLOGIA ALTERNATIVA DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO PARA PEQUENOS MUNICÍPIOS**

Dissertação aprovada como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Economia**, Gestão Econômica do Meio Ambiente, do Programa de Pós-Graduação em Economia do Departamento de Economia da Universidade de Brasília, por intermédio do Centro de Estudos em Economia, Meio Ambiente e Agricultura (CEEMA). Comissão examinadora formada pelos professores:

Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira
Departamento de Economia - UnB

Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição
Departamento de Economia - UnB

Prof. Dr. Ricardo Coelho de Faria
Universidade Católica de Brasília - UCB

Brasília, 26 de agosto de 2014.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Jorge Madeira Nogueira, do CEEMA/UnB, pelos inúmeros ensinamentos, orientação deste trabalho e reflexões, que me permitiram compreender a não existência de uma verdade absoluta, fundamentais para minha futura atuação profissional.

À Waneska, da secretária do CEEMA/UnB, pela paciência, carinho, atenção e suporte em diferentes momentos dessa formação.

Aos amigos, Laura Picoli e Luiz Carlos Spaziane, pelo apoio desde os tempos de sala de aula com uma sincera amizade que se perpetuou em nossas vidas pessoais.

Ao meu pai Milton e minha mãe Firmina por terem estado ao meu lado em tantos importantes momentos da minha vida, invariavelmente, torcendo e acreditando no meu sucesso. Sem vocês muito do que conquistei até hoje não teria sido possível.

A minha filha Ana Carolina, por ser tão especial na minha vida e, naqueles momentos de desabafo, me dizer suavemente: mãe não desista você vai conseguir!

"...da experiência antecedente, dos anteriores saberes vistos como insuficientes e limitantes nasce o desejo de conhecer mais e melhor a partir de um foco concentrado de atenções. Não podemos tudo querer ao mesmo tempo. Muito menos podemos de fato querer o que não tem ligação com nossa própria vida, o que nela não se enraíza."

Mario Marques.

CUSTO EFETIVIDADE DE TECNOLOGIA ALTERNATIVA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA PEQUENOS MUNICÍPIOS

RESUMO

A análise custo-efetividade compara os custos com os objetivos a serem alcançados por dois ou mais projetos e indica àquele que mais contribui para a melhoria do bem-estar da população. Nesta dissertação, a análise custo-efetividade foi empregada para avaliar economicamente duas diferentes tecnologias de sistema de tratamento de esgoto, para uma amostra de municípios do estado de Goiás-GO pertencentes a RIDE-DF. Esses municípios foram selecionados pelo critério de inexistência da prestação de serviços de esgotamento sanitário e ausência no tratamento do esgoto lançado no meio ambiente. Esta análise é importante por duas questões centrais: (I) o serviço de saneamento ambiental requer um elevado investimento governamental para implantação de infraestrutura urbana necessária à coleta e tratamento do esgoto gerado pela população, empresas e indústrias; (II) as externalidades negativas com impacto na saúde humana e meio ambiente. Os resultados da análise custo-efetividade mostraram, que para o período de 20 anos pós-implantação, nos municípios da amostra, o sistema de tratamento individual com tecnologia UASB (Projeto B) é mais custo-efetivo, comparativamente, ao sistema de tratamento coletivo (Projeto A) que disponibiliza estações de tratamento utilizadas em outras áreas urbanas no Brasil. No entanto, este resultado evidencia que tal alternativa é sensível ao crescimento populacional e uma possível redução da eficiência técnica, identificados nos resultados da análise de sensibilidade, exigindo das autoridades uma fiscalização efetiva para garantir os padrões ambientais requeridos pela legislação.

Palavras-chave: Economia Ambiental; Análise Custo-efetividade - ACE; Saneamento Básico; Custos e Benefícios

CUSTO EFETIVIDADE DE TECNOLOGIA ALTERNATIVA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA PEQUENOS MUNICÍPIOS

ABSTRACT

A cost-effectiveness analysis compares the costs and the aims to be achieved by two or more projects and indicates which one that most contributes to improving the population's well-being. In this research, the cost-effectiveness analysis was used to evaluate, in an economic view, two different technologies of wastewater treatment system, for a sample of municipalities in the state of Goiás - GO belonging to RIDE-DF. These municipalities were selected by the criterion of lack of provision of sanitation services and the lack of sewage treatment released into the environment. This analysis is important for two central issues: (I) the environmental clean-up services requires substantial government investment to implement urban infrastructure necessary for collection and the treatment of sewage caused by the people, companies and industries; (II) the negative externalities that impact on human health and environment. The results of cost-effectiveness analysis has showed that for the period of 20 years post-implantation, the sampled municipalities, individual system of treatment with UASB technology (Project B) is more cost-effective compared to the collective treatment system (Project A) that provides treatment stations used in other urban areas in Brazil. However, this result shows that such an alternative is sensitive to population growth and a possible reduction in technical efficiency, identified in the results of the sensitivity analysis, requiring the authorities to ensure an effective supervision of environmental standards required by legislation.

Keywords: Environmental Economics, Cost-effectiveness Analysis - CEA; Basic Sanitation; Costs and Benefits.

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ACE	Análise Custo-Efetividade
AEE	<i>European Environment Agency</i>
ANA	Agência Nacional de Água
BAT	<i>Best Available Technology</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
BPT	<i>Best Practicable Technology</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DATASUS	Departamento de Informática do SUS
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda química de Oxigênio
EPA	Agência dos Estados Unidos para a Proteção Ambiental
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FPEIR	Forças motrizes / Pressão / Estado / Impacto/ Resposta
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GEO	<i>Global Environment Outlook</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICC	Instrumentos de Comando e Controle
ICMBIO	Instituto Chico Mendes da Biodiversidade
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano,
IDH_M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IE	Instrumentos Econômicos
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
OMS	Organização Mundial da Saúde
PEIR	Pressão/Estado/Impacto/Resposta
PER	Pressão/Estado/Resposta
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional de Amostra dos Domicílios
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RIDE/DF	Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno
SANEAGO	Saneamento de Goiás SA
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
SS	Sólidos em Suspensão
TJLP	Taxa de Juros de Longo Prazo
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors</i> (Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo)
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pressupostos da Economia Neoclássica	21
Figura 2 – O Funcionamento do Sistema econômico e a poluição	25
Figura 3 - Esquema conceitual dos efeitos diretos e indiretos do abastecimento de água e do esgotamento sanitário sobre a saúde	32
Figura 4 - Esquema conceitual dos efeitos diretos e indiretos do abastecimento de água e do esgotamento sanitário sobre a saúde	33
Figura 5 - Proporção da população com saneamento básico em 2011	39
Figura 6 - Tecnologias possíveis para a universalização dos serviços de água e de esgoto e etapas de implantação.....	42
Figura 7 - Percentual de municípios com rede coletora de esgoto, em ordem decrescente, segundo as Unidades da Federação - 2008	43
Figura 8 - Percentual de municípios com rede coletora de esgoto, segundo as Grandes Regiões - 2000/2008.....	45
Figura 9 - Percentual de municípios com rede coletora e sem rede.....	47
Figura 10 - Conversão biológica nos sistemas aeróbios e anaeróbios	60
Figura 11 - Impurezas contidas na água	64
Figura 12 – Localização da Amostra de Municípios em Estudo	73
Figura 13 - Conceito de déficit em saneamento básico adotado no Plansab.....	79
Figura 14 - Exemplo de inter-relacionamento de variáveis para análise de projetos.....	125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características do setor de saneamento e suas repercussões	29
Quadro 2 - Principais fontes de poluição de águas superficiais	37
Quadro 3 - Vantagens e desvantagens dos processos anaeróbios.....	61
Quadro 4 – Consequências de poluentes encontrados nos esgotos.....	63
Quadro 5 – Parâmetros usuais de qualidade de água	67
Quadro 6 - Evolução dos objetivos do tratamento de esgotos em países desenvolvidos.....	70
Quadro 7 - Custos dos componentes para um sistema de tratamento de esgoto coletivo (Região Centro-Oeste)	83
Quadro 8 - Custos dos componentes para uma estação compacta	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual da Situação por Tipo de Instalação Sanitária no Brasil.....	44
Gráfico 2 - Análise de Sensibilidade - Município: Alexânia - GO.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Domicílios particulares permanentes, segundo a condição de ocupação e o tipo de esgotamento sanitário	46
Tabela 2 - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2012 por Região Geográfica - Brasil, 2012.....	49
Tabela 3 - Eficiência de remoção de poluentes por tipo de tratamento	69
Tabela 4 - População residente, por situação do domicílio, segundo os municípios – Goiás/GO.....	74
Tabela 5 - Projeção Populacional – População Urbana - Amostra de Municípios do Estado De Goiás	75
Tabela 6 – Projeção domicílios por habitante – População Urbana - Amostra de Municípios – Goiás	76
Tabela 7 – Densidade Demográfica – População Urbana - Amostra de Municípios do Estado De Goiás	77
Tabela 8 – Classificação IDH_M – Amostra de Municípios - Goiás.....	78
Tabela 9 – Situação por Tipo de Instalação Sanitária – População urbana - Municípios – Goiás	81
Tabela 10 – Carga Orgânica Potencial Poluidora por Município – População Urbana	82
Tabela 11 – Custo inicial para instalação de sistema de tratamento de esgotos – Projeto A (R\$/domicílio)	84
Tabela 12 - Custo inicial para instalação de sistema de tratamento de esgotos – Projeto B (R\$/domicílio)	86
Tabela 13 - Valores acumulados (nominal e presente) – Projetos A e B – Municípios da Amostra.....	87
Tabela 14 - Eficiência de Remoção (%)	88
Tabela 15 - Análise Custo-Efetividade – Projetos A e B – Municípios da Amostra.....	89
Tabela 16 - Aplicação da Análise de Sensibilidade – Variável: Crescimento Populacional - Projetos A e B – Municípios da Amostra Grupo A	92
Tabela 17 - Aplicação da Análise de Sensibilidade – Variável: Crescimento Populacional - Projetos A e B – Municípios da Amostra Grupo B	92
Tabela 18 - Aplicação da Análise de Sensibilidade – Variável: Eficiência Técnica - Projetos A e B – Municípios da Amostra.....	93

LISTA DE APÊNDICE

Apêndice 1 – Investimentos Totais Projeto “A” (20 anos) - Município: Alexânia.....	107
Apêndice 2 – Investimentos Totais Projeto “B” (20 anos) - Município: Alexânia.....	108
Apêndice 3 – Investimentos Totais Projeto “A” (20 anos) - Município: Cabeceiras.....	109
Apêndice 4 – Investimentos Totais Projeto “B” (20 anos) - Município: Cabeceiras.....	110
Apêndice 5 – Investimentos Totais Projeto “A” (20 anos) - Município: Cocalzinho de Goiás	111
Apêndice 6 – Investimentos Totais Projeto “B” (20 anos) - Município: Cocalzinho de Goiás	112
Apêndice 7 – Investimentos Totais Projeto “A” (20 anos) - Município: Corumbá de Goiás .	113
Apêndice 8 – Investimentos Totais Projeto “B” (20 anos) - Município: Corumbá de Goiás .	114
Apêndice 9 – Investimentos Totais Projeto “A” (20 anos) - Município: Vila Boa	115
Apêndice 10 – Investimentos Totais Projeto “B” (20 anos) - Município: Vila Boa.....	116
Apêndice 11 - Contribuição Média Doméstica (Volume de Efluentes) Kg DBO/hab./dia – Municípios da Amostra	117
Apêndice 12 - Gráfico da Análise de Sensibilidade - Município: Cabeceiras/GO.....	118
Apêndice 13 - Gráfico da Análise de Sensibilidade - Município: Cocalzinho de Goiás/GO .	119
Apêndice 14 - Gráfico da Análise de Sensibilidade - Município: Corumbá de Goiás/GO.....	120
Apêndice 15 - Gráfico da Análise de Sensibilidade - Município: Vila Boa/GO	121
Apêndice 16 - Sistema de Indicadores Conjunturais e de Efetividade	122

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	17
INTRODUÇÃO	17
CAPÍTULO II	20
MOLDURA CONCEITUAL PARA ANÁLISE ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE SANEAMENTO	20
2.1. Pressupostos da Teoria Ambiental Neoclássica	20
2.2. Teoria Neoclássica da Poluição	23
2.3. Características Físicas e Econômicas do Setor de Saneamento	27
2.4. A Relação entre Saneamento, Saúde Pública e Meio Ambiente.....	30
CAPÍTULO III	34
ECONOMIA DO SANEAMENTO	34
3.1. Preâmbulo	34
3.2. A Importância da Gestão de Políticas de Saneamento Ambiental	35
3.3. O Desafio na Universalização dos Serviços de Saneamento.....	38
3.5. Panorama Geral dos Serviços de Esgotamento Sanitário no Brasil.....	42
CAPÍTULO IV	50
CONTRIBUIÇÃO DA ANÁLISE CUSTO-EFETIVIDADE NA AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS AMBIENTAIS	50
4.1. Considerações Iniciais.....	50
4.2. O Passo a Passo da Análise Custo-Efetividade.....	52
4.4. Identificando Custos Aplicáveis à Análise Custo-Efetividade	56
4.5. Considerações às Escolhas de Medidas de Efetividade	58
CAPÍTULO V	59
OS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS	59
5.1. Os Sistemas de Tratamento de Esgoto Sanitário.....	59
5.2. Padrões para Diluição de Esgoto Sanitário no Brasil	62
5.3. A Eficiência Técnica do Tratamento de Esgoto Sanitário	68

CAPÍTULO VI	71
MÉTODOS, PROCEDIMENTOS E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	71
6.1. Introdução	71
6.2. Dinâmica Demográfica e Social	73
6.3. Densidade Demográfica	77
6.4. Condições Sanitárias	78
6.5. Custos de Investimento	83
6.6. Taxa de correção financeira dos investimentos	87
6.7. Eficiência Técnica expressa em percentual de DBO.....	87
6.8. Desenvolvimento da Análise Custo-Efetividade (ACE)	88
6.9. Análise de Sensibilidade	90
CAPÍTULO VII	96
CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
APÊNDICES	125

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O déficit no setor de saneamento ambiental ainda é bastante elevado. Esse fato é especialmente importante no que se refere ao esgotamento sanitário, com maior carência nas áreas periféricas dos centros urbanos e nas zonas rurais, onde se concentra a população mais pobre. O esgotamento sanitário, assim como outros serviços públicos de infraestrutura, é caracterizado por custos fixos elevados, materializados em, por exemplo, construção de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, redes de distribuição e coleta, entre outros equipamentos.

Em termos conceituais saneamento ambiental envolve o conjunto de ações técnicas e socioeconômicas que objetivam alcançar, dentre outros, níveis crescentes de salubridade ambiental. Esse conjunto compreende o abastecimento de água em quantidade e dentro dos padrões exigidos de potabilidade; a coleta; o tratamento e a disposição adequada dos esgotos e dos resíduos sólidos (BRASIL, 2007a).

O Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB preconiza que a sustentabilidade dos serviços de saneamento ambiental está relacionada a pelo menos quatro dimensões: a ambiental, relativa à conservação e gestão dos recursos naturais e à melhoria da qualidade ambiental; a social, relacionada à percepção dos usuários em relação aos serviços e à sua aceitabilidade; a da governança, envolvendo mecanismos institucionais e culturas políticas, com o objetivo de promoção de uma gestão democrática e participativa, pautada em mecanismos de prestação de contas; e a econômica, que concerne à viabilidade econômica dos serviços (BRASIL, 2013).

Neste contexto, garantir o acesso e a ampliação dos serviços de saneamento ambiental requer uma ampla definição de políticas públicas e investimentos para suprir a carência de infraestruturas necessárias para redução do déficit no atendimento. Além disso, o investimento no tratamento de efluentes, por exemplo, pode significar uma mudança na conservação do meio ambiente e ainda, melhorar a saúde e a qualidade de vida da população.

A Lei nº 11.445/07 estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e tem pelo menos dois princípios fundamentais que reforçam o interesse pela realização desta pesquisa. O primeiro trata do princípio da universalização do

acesso e, o segundo refere-se à eficiência e sustentabilidade econômica (BRASIL, 2007b).

Vale ressaltar que, de um lado, para se atingir metas desejáveis de universalização, um considerável volume de recursos deve ser investido em sistemas de infraestrutura, principalmente em regiões e municípios que ainda permanecem sem cobertura dos serviços de esgotamento sanitário ou utilizando soluções rudimentares. Por outro, a eficiência e a sustentabilidade econômica somente são possíveis a partir do entendimento da melhor alternativa dentre as soluções tecnológicas existentes garantindo adequada alocação dos recursos.

Diversos estudos – que serão mencionados ao longo desta Dissertação - apresentam também uma situação de vulnerabilidade da sociedade brasileira diante da precariedade de suas condições sanitárias, com consequências tanto para saúde humana quanto para a conservação dos recursos naturais. Não é por acaso que, a partir da década de 70, a discussão sobre saneamento ambiental passou a ser foco no debate por instituições governamentais e da sociedade civil, fazendo com que o campo do saneamento passasse a incorporar, além das questões de ordem sanitária, relacionadas à saúde humana, as de ordem ambiental, contribuindo para a sustentabilidade das gerações atuais e futuras, conforme preconiza a Declaração de Estocolmo.

Este estudo avalia a efetividade em custo da utilização de tecnologia alternativa para o uso de soluções individuais de saneamento sanitário, principalmente, em municípios que não possuem cobertura desses serviços. Para tanto, será utilizada a técnica Análise Custo-Efetividade – ACE, a fim de avaliar dois sistemas distintos para tratamento de esgoto, ambos, com a proposta de contribuir para a redução dos impactos ambientais e dos problemas sociais causados pela insuficiência ou ausência na prestação dos serviços de esgotamento sanitário.

Neste estudo, a ACE é utilizada para avaliar dois projetos e analisar a relação custo-efetivo entre eles. O “Projeto A” refere-se a proposta de implantação de um sistema de esgotamento sanitário coletivo com infraestrutura e instalações que contemplam as etapas de coleta, transporte e tratamento de águas residuais, amplamente conhecido como Estação de Tratamento de Esgoto – ETE. O “Projeto B” representa uma proposta de solução de esgotamento sanitário individual, por

domicílio, onde o esgoto passa pelo processo de biodigestão em reator anaeróbico e disposição do efluente tratado no solo.

Neste contexto, a presente pesquisa ao se medir os impactos de um projeto e seu retorno econômico subsidia autoridades governamentais para uma futura tomada de decisões relacionadas com políticas públicas na área do saneamento, saúde e recursos naturais.

A partir dos objetivos definidos esta dissertação está estruturada em sete capítulos. Após este Capítulo I com os objetivos e a abordagem do estudo; o Capítulo II apresenta as bases teóricas da economia ambiental neoclássica e a interface entre a análise econômica e o meio ambiente, com o objetivo de dar sustentação conceitual ao estudo. No Capítulo III é discutida a moldura conceitual da Análise Custo-Efetividade – ACE, assim como sua definição, metodologia para a sua aplicação e considerações quanto a identificação de custos e medidas de efetividade aplicáveis à uma ACE. O Capítulo IV apresenta considerações sobre a economia do saneamento, características físicas e econômicas do setor, a relação com a saúde pública e com o meio ambiente, finalizando com uma breve discussão sobre os desafios da universalização dos serviços de saneamento. O Capítulo V apresenta as características de sistemas de tratamento de esgotos, os padrões aceitáveis pela legislação e eficiência técnica. O Capítulo VI apresenta os métodos e procedimentos adotados para análise e resultados obtidos com a utilização da ACE. Por fim, o Capítulo VII conclui o estudo destacando seus resultados, relevância, contribuições, e recomendações para futuras pesquisas.

CAPÍTULO II

MOLDURA CONCEITUAL PARA ANÁLISE ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE SANEAMENTO

... se o agente que impõem a externalidade da poluição e o agente que sofre seu impacto estiverem dispostos a negociar visando à obtenção de vantagens mútuas, o resultado da negociação poderia levar a melhoras na alocação de recursos. Sendo assim, podemos admitir que os instrumentos são utilizados para eficácia dessas políticas que tenta corrigir falhas de mercado e assim, melhorar a eficiência econômica.

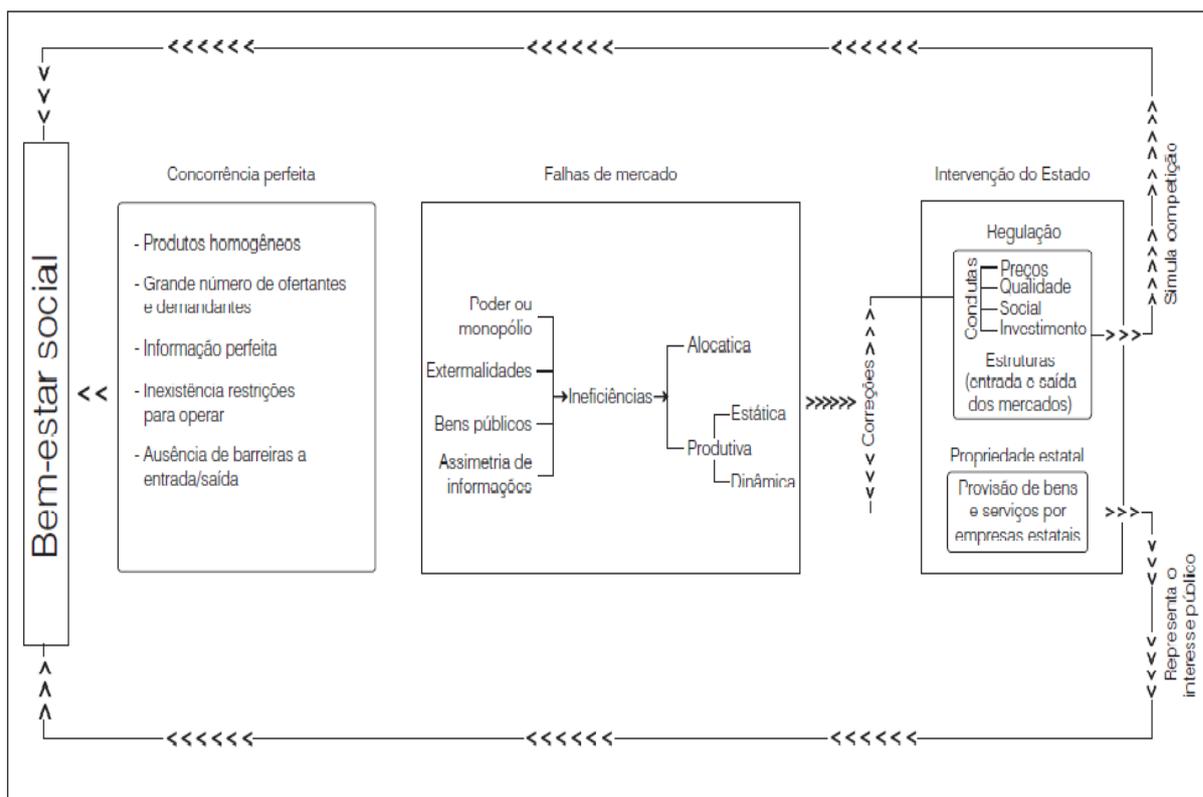
Ronald Coase apud Muller (2007)

2.1. Pressupostos da Teoria Ambiental Neoclássica

A análise de mercados, na economia ambiental neoclássica, após a década de 1960, passa a considerar que externalidades ambientais estão presentes nos processos econômicos; que os recursos naturais são finitos e que os processos de produção e consumo retornam ao ecossistema na forma de resíduos e rejeitos. Essa nova visão, juntamente, com as bases da teoria neoclássica do bem-estar e dos bens públicos, tem foco no valor ambiental definido em termos da utilidade ou preferências que os indivíduos atribuem ou associam, em termos monetários (sua disposição-a-pagar), aos bens, serviços, e recursos naturais.

Em um primeiro momento, a discussão sobre o bem-estar social (Figura 1) está solidificada numa estrutura de mercado que esteja em situação de “concorrência perfeita” onde, haveria uma grande quantidade de ofertantes e de demandantes, homogeneidade dos produtos, ausência de restrições à entrada e à saída das firmas e todos teriam informações completas sobre as condições do mercado alcançando assim eficiência alocativa e produtiva (GALVÃO e PAGANINI 2009).

Figura 1 - Pressupostos da Economia Neoclássica



Fonte: Galvão e Paganini (2009)

Deste ponto de vista, as forças econômicas regulariam livremente a oferta e a demanda do mercado, sem a necessidade de interferência governamental e o bem-estar social seria naturalmente alcançado. A teoria do bem estar social representa a base de sustentação da teoria do equilíbrio geral, onde os mercados são interdependentes e por isto as condições de um mercado podem interferir nas condições de outro, por meio de sucessivos processos de realimentação, até se obter o equilíbrio conjunto (PINDYCK & RUBINFELD, 2002)

Os mesmos autores ressaltam que, quando se analisa o equilíbrio geral, a determinação dos preços e das quantidades de equilíbrio é feita supondo-se que em todos os mercados prevaleça a concorrência perfeita. Neste sentido, a economia das trocas representa uma alternativa eficaz para o entendimento do conceito de eficiência econômica, ou eficiência de Pareto. De uma maneira geral, trocas voluntárias representam vantagens aos agentes econômicos se existem informações completas a respeito das preferências e se essas trocas não envolvem custos significativos.

No entanto, os mercados podem ser ineficientes gerando “falhas de mercado” apontadas por quatro razões. A primeira, e não necessariamente em ordem de importância, é representada pelo **poder de mercado ou monopólio** onde, a economia de mercado é controlada por um agente ou um grupo pequeno de empresas, de forma exclusiva, que detêm o monopólio de determinado produto ou fatores de produto que atenda às necessidades de determinados consumidores.

Tal “falha de mercado” pode ser observada nos serviços públicos, como abastecimento de água e tratamento de esgotos e distribuição de energia elétrica, nos quais é praticamente inviável a atuação de mais de uma empresa. Nesses casos a existência de monopólios naturais se dá, sobretudo, em virtude da existência de economias de escala e/ou de escopo presentes na maioria dos serviços públicos de infraestrutura.

A segunda falha de mercado refere-se à **informação assimétrica** considerada como um fenômeno que ocorre quando dois ou mais agentes econômicos estabelecem entre si uma transação econômica com uma das partes envolvidas detendo informações qualitativa ou quantitativamente superiores aos da outra parte. Os impactos distributivos gerados pela informação assimétrica podem ser analisados pela renda informacional despendida, ou seja, o quanto deve ser pago para se proporcionar os incentivos suficientes a fim de superar as perdas geradas pelos riscos causados por essa assimetria.

A terceira é que haverá presença de **externalidades** caracterizadas quando alguma atividade de produção ou consumo gerar um efeito indireto sobre outras atividades de consumo ou produção que não se reflète diretamente nos preços de mercado e não reflète necessariamente seu valor social (PINDYCK e RUBINFELD, 2007).

Esse fenômeno é observável, também, no setor do saneamento, uma vez que, os danos causados à saúde humana e a degradação ambiental pela ausência ou insuficiência no tratamento do esgoto sanitário, podem vir a refletir um custo social maior do que o custo privado, muitas vezes, não incorporado pelos agentes ou prestadoras do serviço.

A quarta falha de mercado são os chamados **bens públicos** (ou de consumo coletivo) caracterizados como não exclusivos e não concorrentes. Isto significa dizer que, um bem público pode ser disponibilizado para muitos consumidores a um custo

menor e, uma vez disponibilizado, torna-se difícil evitar que outras pessoas o consumam, ou seja, são aqueles bens que geram benefícios para todos, mas cujos custos não podem ser distribuídos igualmente à sociedade.

Os problemas causados pelos efeitos das “falhas de mercado” na economia em geral, são discutidos, pelos economistas ambientais por meio da teoria da poluição e a dos recursos naturais. As correntes do pensamento econômico do meio ambiente consideram o “sistema econômico” um sistema que interage explicitamente com o meio ambiente. Desta forma, os recursos naturais e materiais, essenciais à produção de bens e serviços, são utilizados no processo de produção e retorna ao meio ambiente, em forma de fluxos de resíduos, rejeitos e poluição gerados pelo sistema econômico (MUELLER, 2007).

Mueller, 2007 também aponta que a análise econômica reconhece que o uso indiscriminado dos recursos naturais e materiais leva a existência do processo unidirecional e irreversível dos recursos necessários à produção de bens e serviços. Tal situação pode levar à crescente escassez de certos materiais, assim como os rejeitos e a poluição, gerados pelo sistema econômico, podem exceder a capacidade de assimilação do ecossistema, causando preocupante degradação ambiental em âmbito local e global.

2.2. Teoria Neoclássica da Poluição

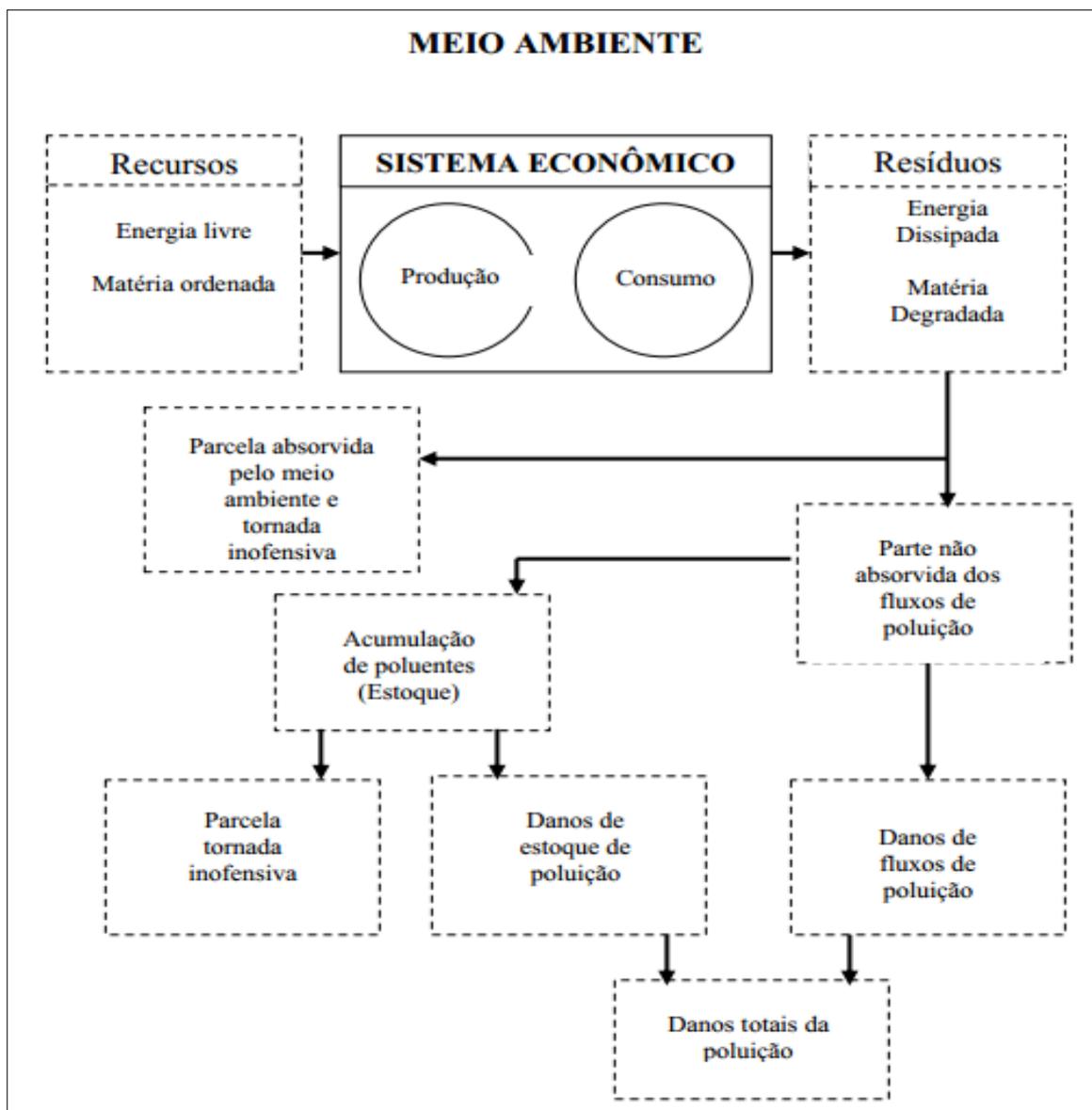
A economia ambiental trata precisamente dos efeitos da economia sobre o meio ambiente, a importância do meio ambiente para a economia e a forma apropriada de regular a atividade econômica, de tal maneira que se obtenha um equilíbrio entre os objetivos ambientais, econômicos e sociais (KOLSTAD, 2001, p. 1; FIELD, 1995, p. 26). Neste contexto, a teoria neoclássica da poluição discute os problemas causados pelos efeitos externos da produção e do consumo (externalidades). Esta visão pressupõe que existem externalidades quando as decisões de produção ou de consumo de um agente econômico afetam a utilidade ou a produção de outros agentes de forma involuntária, e quando não há a compensação, pelo agente que produz o efeito externo, aos agentes afetados por ele (MUELLER, 2007).

Esta teoria foca o meio ambiente na sua função de receptor de dejetos, considerando a poluição como uma externalidade negativa. Busca também entender

quais são os danos da poluição causada pelo meio ambiente e os custos e benefícios envolvidos na adoção de mecanismos para controle da poluição.

A Figura 2 apresenta a relação do sistema econômico e a poluição no meio ambiente. Neste processo, a poluição é entendida como denominação genérica dos fluxos de resíduos, de dejetos de materiais, gerados pelo sistema econômico e despejados na atmosfera, nas águas, no solo e na biota, gerando externalidades negativas. Ou seja, o sistema econômico, considerado como um organismo vivo e complexo, não atua independentemente do sistema natural que lhe sustenta, ele interage com o meio ambiente, extraindo recursos naturais (componentes estruturais dos ecossistemas) e retornando resíduos, gerando danos de fluxo e estoque de poluição (MUELLER, 2007).

Figura 2 – O Funcionamento do Sistema econômico e a poluição



Fonte: Mueller, 2007

Mueller (2007) destaca que os danos totais de poluição em um dado período de tempo decorrem tanto de fluxos poluentes, que afetam negativamente o bem-estar das pessoas e tem impactos perversos sobre ecossistemas, como os fluxos que se acumularam no passado, constituindo estoques de poluentes no meio ambiente. Mueller reforça ainda que uma classificação de poluição, pode se apoiar em diferentes características, como por exemplo, a natureza do agente emissor, o grau de toxicidade da poluição, o domínio espacial ou o elemento sobre o qual exerce impacto mais direto – a água, a atmosfera e os solos.

Na prática, a utilização da teoria neoclássica da poluição de fluxo, com a determinação do nível ótimo de poluição, requer a obtenção de custos e benefícios

para cada possível nível de poluição gerado pelas empresas e isto requereria do governo elevados gastos com equipes e equipamentos técnicos de avaliação. Boa parte dos impactos positivos e negativos sobre o mercado não pode, com facilidade, ser mensurado e expresso em forma monetária, dado o grande número de agentes envolvidos nessa questão.

Com isto, fica de certa forma, fragilizada a perspectiva do estabelecimento ótimo de Pareto para a poluição de fluxo. Em verdade, governos adotam um nível de poluição aceitável, e utilizam os fundamentos da teoria neoclássica para aproximar o aceitável do que se consegue fundamentar como ponto ótimo para a poluição (MUELLER, 2003).

Sendo a poluição ambiental uma externalidade negativa cabe ao Estado, em muitos casos, o papel de interventor e regulador estabelecendo normas e padrões em busca de resultados ótimos de Pareto. Conforme Andrade (2008), o sistema econômico atua em um determinado espaço, alterando-o consideravelmente devido a sua expansão. Assim, pode-se dizer que a economia de mercado apresenta impactos sobre o meio ambiente, os quais são função da escala (tamanho, dimensão) do sistema econômico e do estilo dominante de crescimento econômico (modo pelo qual o sistema econômico se expande).

Para a obtenção do ótimo de Pareto pressupõe então a necessidade de atuação de um planejador onisciente que, conhecendo a função-utilidade de todos os indivíduos e a função de produção de todas as empresas, possa então definir o nível de intervenção sobre o mercado para maximizar a utilidade em seu todo, atendendo ainda à condição de que ninguém tenha sua utilidade total diminuída. (MUELLER, 2007).

A obtenção de qualidade ambiental associada ao desenvolvimento econômico, em primeiro lugar, demanda conhecimentos para a fixação do nível ideal de conservação e, em segundo, mecanismos para se alcançar esta meta. O nível de conservação está associado aos padrões ambientais, enquanto os meios de se obter a qualidade desejável relacionam-se aos instrumentos de gestão ambiental (JARDIM JUNIOR, 2006).

Apesar das dificuldades de se estimar quais e em que quantidade representa os danos ocasionados pelo agente poluidor, bem como, atribuir preços a bens

públicos, é consenso na literatura a importância da intervenção governamental para minimizar os impactos gerados pelo sistema econômico.

Tais decisões ocorrem a partir da formulação de políticas públicas que podem ser aparadas com a utilização de um ou mais instrumentos de política ambiental. Para tanto, os instrumentos de política ambiental, detalhados na subseção que se segue, dão suporte ao processo de formulação de políticas públicas e contribuem na tomada de decisão inerente à intervenção governamental.

2.3. Características Físicas e Econômicas do Setor de Saneamento

As características físicas e econômicas do setor de saneamento conferem várias dimensões de análise à prestação desses serviços. Tais características apresentam importantes repercussões para a definição dos arranjos institucionais de gestão, definição de políticas e regulação da prestação dos serviços (Quadro 1), apresentados em diversos estudos e sintetizados por Galvão e Paganini (2009).

Segundo eles, as características físicas, composta pelas complexas estruturas das redes de água e esgoto exigem a interface do setor com as áreas de saúde pública, meio ambiente, recursos hídricos e defesa do consumidor e ampliam a complexidade e o volume de informações requeridas para a adequada regulação do setor. Já as características econômicas estão relacionadas ao elevado volume de investimentos e à especificidade do próprio setor dificultam os investimentos e obrigam que o marco regulatório ofereça garantias e estabilidade de regras suficientemente claras para os investidores.

No caso brasileiro, os aspectos econômico-financeiros dos serviços públicos de saneamento básico sempre estiveram diretamente associados aos arranjos institucionais de gestão, especialmente às formas de sua organização e prestação. Desde meados do séc. XIX a prestação desses serviços têm ocorrido mediante arranjos institucionais híbridos com a participação de agentes da União, dos estados e dos municípios interagindo de diversas formas, algumas vezes de modo cooperativo, outras concorrentemente, e ainda com presença significativa do setor privado em determinadas épocas e regiões (BRASIL, 2014).

Segundo a teoria da regulação, as características apresentadas para o setor configuram situações de “falhas de mercado” como poder de monopólio e externalidades o que justificaria a regulação do setor. De um lado, o desafio tem sido

equacionar e avaliar as significativas variáveis que reflitam o real comportamento de consumidores e produtores, em um contexto mundial que registrou, nas últimas décadas, elevado crescimento populacional, crescentes taxas de urbanização, e aumento da oferta e demanda por produtos e serviços. Por outro lado, promover reflexões que visam viabilizar o equilíbrio entre o uso dos recursos naturais, evitando sua escassez, sem prejudicar o crescimento da economia global e, sempre que possível, apresentar estratégias para subsidiar a formulação de políticas que venham a promover o bem estar econômico e social.

Quadro 1 - Características do setor de saneamento e suas repercussões

CARACTERÍSTICAS		REPERCUSSÕES
FÍSICAS	Maioria dos ativos (redes de água e esgoto) encontra-se enterrada	Difícil determinação do estado de conservação; Custo de manutenção elevado e complexidade para detecção de vazamentos nas tubulações
	Mudança lenta no padrão tecnológico	Poucos ganhos de eficiência mediante avanços tecnológicos; Ativos com vida útil prolongada
	Qualidade dos produtos de complexa verificação pelo usuário	Necessidade de estrutura adequada para monitoramento da qualidade de produtos e serviços ofertados pelas concessionárias
	Redes integradas em aglomerados urbanos	Envolvimento de mais de um ente federado na gestão dos serviços, e expansão da infraestrutura associada ao planejamento urbano.
	Essencialidade no uso e consumo dos produtos (água e esgoto)	Atendimento independe da capacidade de pagamento do usuário; Geração de externalidades positivas e negativas para a saúde pública, meio ambiente, recursos hídricos, entre outros.
ECONÔMICAS	Custo fixo elevado	Pouca flexibilidade para definição de etapas dos investimentos
	Ativos específicos e de longa maturação	Monopólio natural; Inexistência de usos alternativos e baixo valor de revenda; Possibilidade remota de saída das concessionárias do mercado (não-contestável); Pouca atratividade para investimentos.
	Assimetria de informações	Demais atores do setor dependem da informação técnica e econômico-financeira disponibilizada pelas concessionárias
	Demanda inelástica	Possibilidade de extração de rendas significativas pelo prestador de serviços (monopólio)
	Economias de escala	Viabilidade da prestação dos serviços por uma única empresa
	Economias de escopo	Custos comuns na operação de serviços de água e esgoto e tratamento de esgotos, tornando mais viável a prestação dos serviços por uma única empresa (monopólio).

Fonte: Reproduzido de Galvão e Paganini (2009).

2.4. A Relação entre Saneamento, Saúde Pública e Meio Ambiente

A compreensão das relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente constitui etapa inicial e importante na análise para implantação de projetos de esgotamento sanitário e deve conferir meios para estabelecer certa ordem de prioridades e apontar o direcionamento adequado das ações, uma vez que cada população a ser beneficiada possui características distintas. Isto implica em dimensionar os efeitos diretos (positivos e negativos) na saúde e meio ambiente, como também os custos com o investimento em projetos de esgotamento sanitário.

A importância em compreender as relações entre as ações de saneamento e a saúde pública é a existência de doenças à população causadas por ausência ou insuficiência de saneamento. O estudo realizado por Galdo e Briceño (2005), examinou o impacto de um programa de expansão do abastecimento de água e saneamento na mortalidade infantil, bem como os avanços e impactos com a expansão da rede de água e esgoto, no Equador. Entre seus resultados destaca-se o fato da mortalidade infantil ter diminuído consideravelmente após implementação do programa. Dados do Fundo das Nações Unidas para a Infância/UNICEF apontam que no mesmo período a mortalidade infantil reduziu de 57 para 29 mortes em cada 1000 crianças nascidas, principalmente na parte sul da cidade de Quito.

No Brasil estudos como o de Gamber-Rabindran, Khan e Timmins (2009), analisaram o impacto de água encanada na taxa de mortalidade infantil brasileira por meio de regressões, avaliando também a interação com o acesso a outras infraestruturas básicas. O resultado é que o acesso à água encanada tem pouco efeito em locais com baixo desenvolvimento e aumenta em regiões com um maior índice de desenvolvimento, até chegar a um nível ótimo. Ainda assim, o efeito é significativo. Esse é um dos poucos trabalhos encontrados que explicita a preocupação do efeito da qualidade da água em mortalidade infantil.

Um dos primeiros estudos econométricos, no Brasil, que buscou mensurar os efeitos do saneamento na saúde da população brasileira foi realizado por Merrick (1983) *apud* Teixeira (2011), utilizando dados do Censo de 1970 e da Pesquisa Nacional de Amostra dos Domicílios (PNAD) de 1976. Foi avaliado se o maior acesso à água encanada nesses seis anos auxiliou de maneira significativa na queda da mortalidade infantil na população urbana. Para isso utilizou-se um modelo

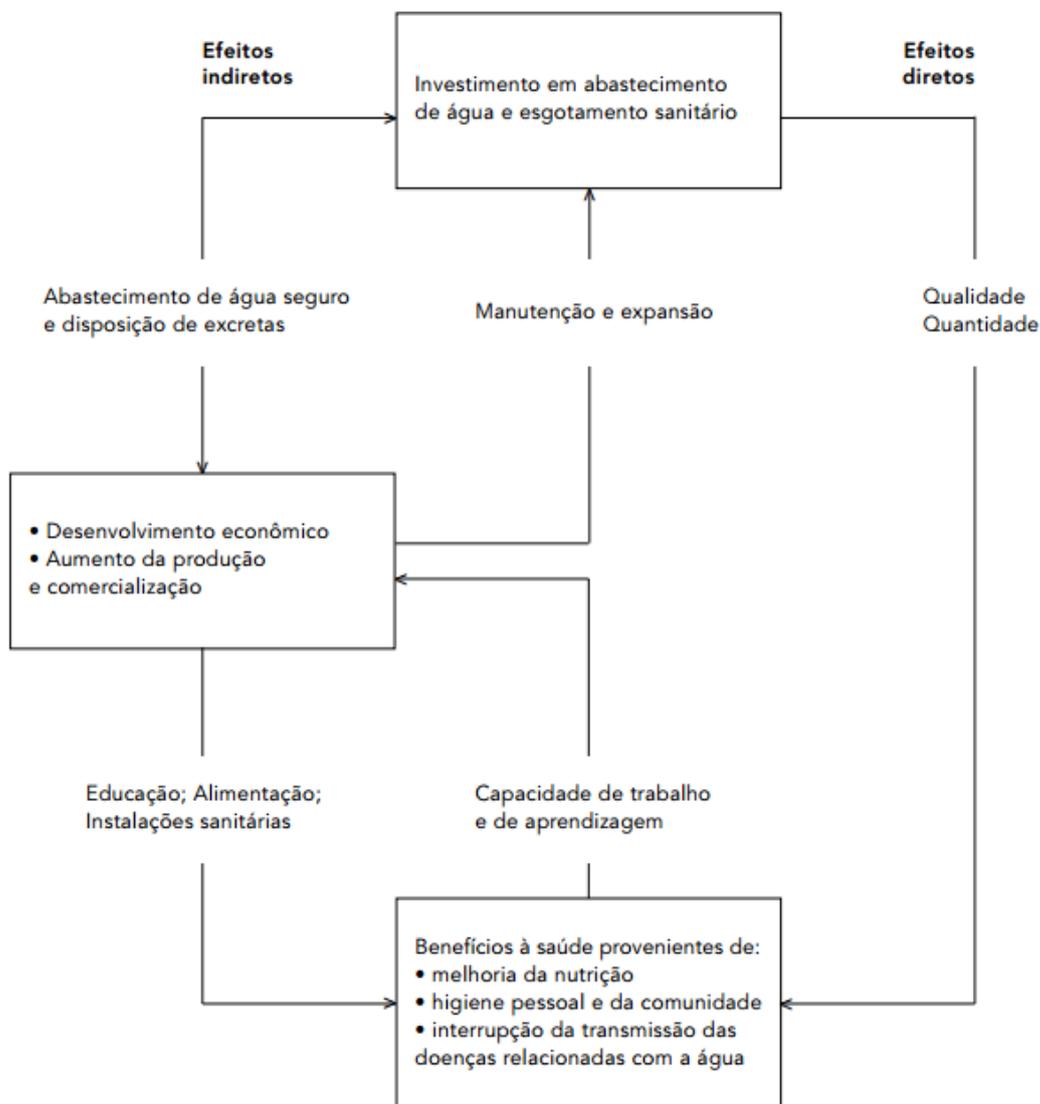
de equações simultâneas em que taxa de mortalidade infantil, variável binária de acesso à água e renda dos pais foram considerados componentes endógenos, pelo fato do estudo estar interessado tanto no que provocou o consumo de água como nas implicações desse consumo. Esta análise mostrou que, a despeito do maior efeito provir da educação materna, uma vez que impactava a renda da família, o acesso à água encanada é significativo para a melhora dos indicadores de saúde.

Vale destacar que, conforme cita Teixeira (2011), o estudo realizado com os dados da Índia, Java e Vallaion (2003), concluiu que o maior acesso à oferta de água só impactará a redução de doenças em crianças como diarreia caso seja acompanhada de outras políticas públicas.

Dados divulgados pelo Ministério da Saúde afirmam que para cada R\$1,00 investido no setor de saneamento, economiza-se R\$4,00 na área de medicina curativa, ou seja, investir em saneamento passa a ser uma importante forma de se reverter o quadro existente.

O estudo de Cvjetanovic (1986) agrega fatores sociais e econômicos com uma visão mais abrangente sobre a questão dos efeitos relacionados à saúde e o meio ambiente em projetos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Esquemáticamente, a Figura 3, ilustra o modelo, proposto pelo autor, onde os investimentos em sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário proporcionam benefícios para a saúde da população segundo duas vias: mediante efeitos diretos e efeitos indiretos, resultantes, primordialmente, do nível de desenvolvimento da localidade atendida.

Figura 3 - Esquema conceitual dos efeitos diretos e indiretos do abastecimento de água e do esgotamento sanitário sobre a saúde

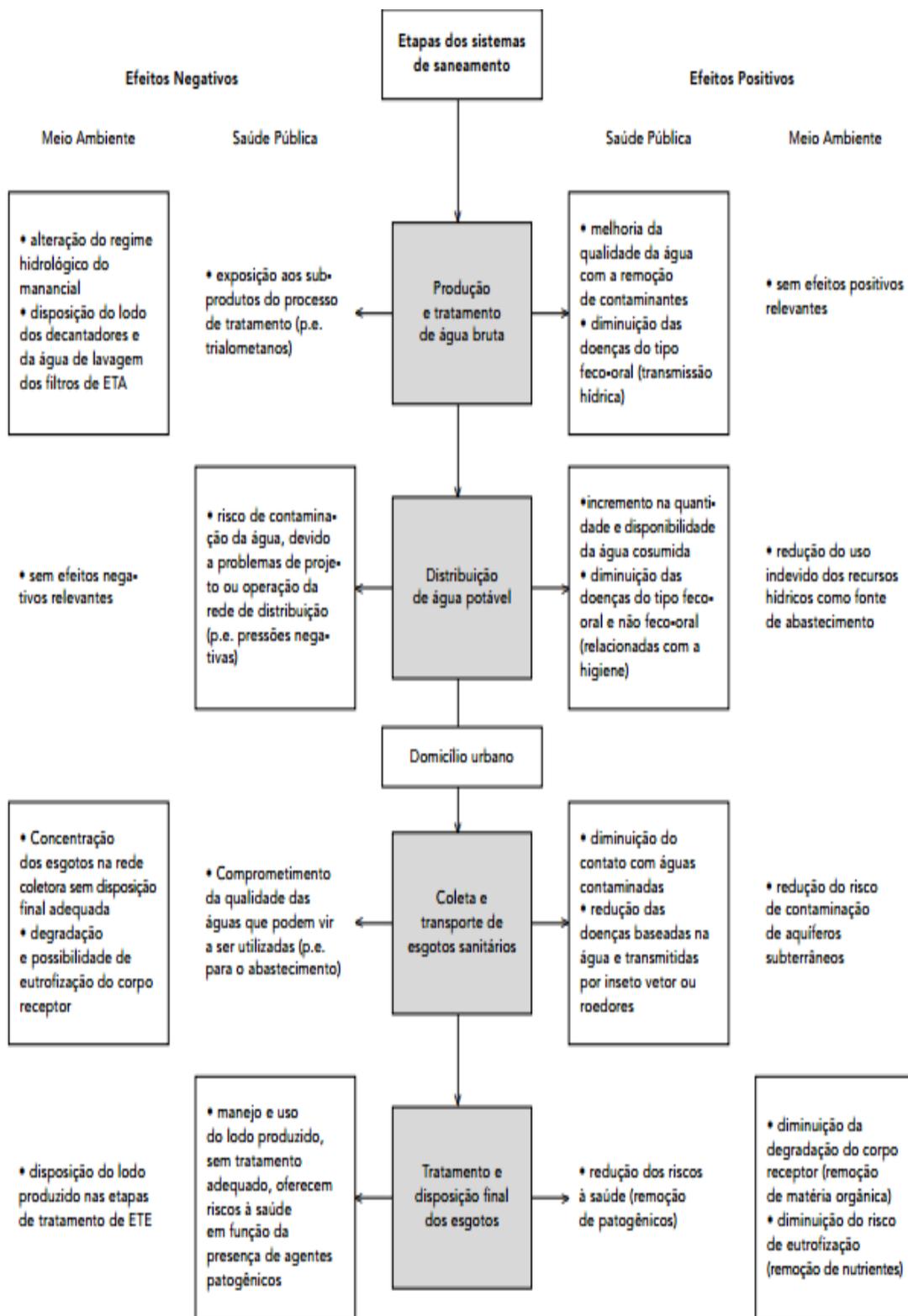


Fonte: Cvjetanovic (1986)

Os efeitos indiretos estão relacionados à prestação dos serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto a um determinado grupo populacional. O autor afirma que tais ações levam ao desenvolvimento econômico, aumento da produção e comercialização de bens e serviços, alinhados aos benefícios tais como: melhoria da educação, alimentação e instalações sanitárias. No que tange aos efeitos diretos destaca-se a ampliação e possível universalização do acesso aos serviços de água e de esgoto.

Soares, Bernardes e Netto (2002) sugerem a utilização de um modelo (Figura 4) para avaliação de sistemas de água e esgotos considerando os efeitos, diretos positivos e negativos, na saúde e no meio ambiente.

Figura 4 - Esquema conceitual dos efeitos diretos e indiretos do abastecimento de água e do esgotamento sanitário sobre a saúde



Fonte: CVJETANOVIC, B., 1986, apud Soares et al.2002

CAPÍTULO III

ECONOMIA DO SANEAMENTO

"O ambiente salubre, indispensável à segurança sanitária e à melhoria da qualidade de vida, é direito de todos, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de assegurá-lo"

Constituição Federal (Brasil 1988) - Artº 225

3.1. Preâmbulo

O déficit do setor de saneamento ambiental é bastante elevado no Brasil, A situação é particularmente grave, no que se refere ao esgotamento sanitário, com maior carência nas áreas periféricas dos centros urbanos e nas zonas rurais, onde se concentra a população mais pobre. Para Heller e Nascimento (2005), um dos principais desafios para o setor do saneamento é de atendimento a populações pobres que estão relacionados a questões de natureza econômico-financeira como também tecnológica-gerencial e devem ser encarados no conjunto de políticas integrativas destinadas a combater a exclusão social.

Heller e Nascimento (2005), destacam ainda que a despeito dos progressos realizados, em menor monta, são notórias as carências de atendimento e cobertura dos serviços de saneamento no Brasil. São muitos os fatores que possibilitam compreender as razões desses fatos, entre eles podendo-se, dentre outros, enumerar:

1. As elevadas taxas de crescimento populacional urbano criaram um descompasso entre a expansão urbana e a implantação de infraestrutura;
2. O agravamento de desigualdades sociais de distribuição de renda e de oportunidades;
3. A baixa capacidade de investimento de vários municípios;
4. A ausência de continuidade administrativa e de mecanismos que assegurem a implantação de ações e regulamentos oriundos de planejamento, quando existente, de procedimentos de avaliação da efetividade de ações empreendidas e de dinâmicas de correção dessas ações quando isso se mostra necessário.

O esgotamento sanitário, assim como outros serviços públicos de infraestrutura, é caracterizado pela presença de custos fixos iniciais de implantação elevados, materializados em, por exemplo, construção de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, redes de distribuição e coleta e outros equipamentos. Possui, obviamente, custos variáveis ou incrementais, como materiais de tratamento, energia, depreciação de instalações, entre outros; não obstante, esses são relativamente menos relevantes.

Diante das características acima descritas o setor de saneamento organiza-se, em boa parte do mundo, sob o formato de gestão pública e local. No Brasil está situação também prevalece, onde, os serviços de saneamento são de responsabilidade das esferas estaduais e municipais que ofertam os serviços à população a partir das diretrizes nacionais para o saneamento básico estabelecidas na Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007.

Conforme afirma Randall (1987), a oferta de serviços públicos regulados pelo estado possui características de monopólio natural. Por outro lado, tendo em vista a essencialidade na prestação dos serviços de saneamento à população, bem como as externalidades inerentes ao setor, tais serviços são considerados de utilidade pública e as questões de universalidade, qualidade e equidade da prestação desses serviços são de responsabilidade do poder público.

3.2. A Importância da Gestão de Políticas de Saneamento Ambiental

As políticas de saneamento ambiental têm, em sua origem, a preocupação com o crescimento populacional que acarreta o crescimento na demanda dos serviços de infraestrutura. Neste contexto, tais políticas visam garantir a universalização na prestação destes serviços e assim minimizar os impactos negativos causados ao meio ambiente e à saúde humana.

Tucci, Hespanhol e Cordeiro Neto (2001) consideram que a concentração urbana é a geradora de vários problemas comumente encontrados nas cidades do país, tais como, a degradação ambiental dos mananciais, aumento do risco em áreas de abastecimento. Tais eventos ocorrem pela ocupação irregular do espaço e pelo gerenciamento inadequado da drenagem urbana e ausência de coleta e disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos.

Para Silva Júnior (2013), um dos grandes desafios da atualidade, é o de garantir a sustentabilidade do crescimento das cidades, conciliando o desenvolvimento econômico e social, com o processo de urbanização. Neste sentido, devem ser adotadas políticas públicas em consonância com o princípio constitucional do desenvolvimento sustentável, notadamente quanto à concretização de direitos humanos básicos de infraestrutura, como saneamento básico ou ambiental e obras de drenagens.

As políticas nacionais de saneamento preconizam a sustentabilidade como um dos princípios básicos e assumem que os serviços de saneamento ambiental devem considerar pelo menos quatro dimensões: a ambiental, relativa à conservação e gestão dos recursos naturais e à melhoria da qualidade ambiental; a social, relacionada à percepção dos usuários em relação aos serviços e à sua aceitabilidade social; a da governança, envolvendo mecanismos institucionais e culturas políticas, com o objetivo de promoção de uma gestão democrática e participativa, pautada em mecanismos de prestação de contas; e a econômica, que concerne à viabilidade econômica dos serviços (PLANSAB, 2013).

Do ponto de vista ambiental os recursos hídricos afetam e são diretamente afetados por duas ações principais de saneamento: a captação de água para abastecimento público e a diluição dos esgotos. O processo de captação e devolução da água por sucessivas cidades numa bacia hidrográfica resulta em uma reutilização indireta das águas. Sendo assim, a água está presente em todas as fases do ciclo de operações da indústria do saneamento. Inicia-se com a coleta de água bruta em reservatórios naturais ou construídos; em seguida passa pelas atividades de tratamento, distribuição aos pontos de consumo residenciais, industriais e outros, e após uso pelo processo de descarte em uma rede de esgotamento, tratamento do esgoto; e termina com a devolução da água tratada ao ciclo natural (TUROLLA E OHIRA, 2005).

A qualidade dos corpos hídricos, por sua vez, está diretamente relacionada às atividades humanas, tudo o que ocorre em uma bacia hidrográfica será refletido na qualidade das águas do corpo hídrico receptor. Por ser capaz de diluir e solubilizar praticamente todas as substâncias, a água atua como elemento de ligação entre os compartimentos ambientais (BOLLMANN; CARNEIRO; PEGORINI, 2005). Tucci (2005) considera que o despejo de esgotos sanitários e seus poluentes nos rios,

acima de sua capacidade depurativa, são os principais responsáveis pela deterioração da qualidade da água no ambiente urbano, uma vez que, além da drenagem de águas pluviais contaminadas, ocorre a contaminação das águas subterrâneas por dejetos industriais e domésticos, bem como, o depósito inadequado de resíduos sólidos e ocupação do solo sem controle do seu impacto sobre os corpos hídricos.

Dependendo da forma como os poluentes atingem o corpo hídrico, as fontes de poluição podem ser classificadas em: pontual e difusa (Quadro 2).

Quadro 2 - Principais fontes de poluição de águas superficiais

FONTES PONTUAIS	FONTES DIFUSAS
Esgotos domésticos	Fontes naturais: decomposição de vegetais; materiais resultantes da erosão do solo; salinização.
Esgotos industriais	Águas do escoamento superficial.
Galerias de águas pluviais	Lixiviados de depósitos de lixo não controlados.
Lixiviados de sistemas de disposição de resíduos sólidos coletados em valas de drenagem	Carreamento de fertilizantes e pesticidas aplicados no solo. Águas subterrâneas com poluentes.

Fonte: Perreira (2004)

A poluição pontual refere-se àquela onde os poluentes são lançados em pontos específicos dos corpos d'água, sendo que as emissões ocorrem de forma controlada, podendo-se identificar um padrão médio de lançamento. Na poluição difusa, os poluentes atingem os corpos d'água de forma aleatória, não havendo possibilidade de estabelecer qualquer padrão de lançamento, seja em termos de quantidade, frequência ou composição (PEREIRA, 2004).

A influência do lançamento de esgotos domésticos na qualidade da água de rios urbanos pode ser observada nos trabalhos desenvolvidos por Silva, Almeida e Monteiro (2010) e Damasceno (2005). Nas duas pesquisas, os autores avaliaram a qualidade da água do rio Poti, na região de Teresina-PI, e observaram uma redução significativa da qualidade da água na medida em que o rio adentra a área urbana e

passa a receber o lançamento de esgotos in natura expondo a população a diversas doenças.

A proliferação de doenças é outro grande problema decorrente da degradação da qualidade ambiental das cidades e segundo Philippi Júnior e Malheiros (2007), modificações ambientais, como a disposição inadequada de resíduos sólidos e o lançamento de efluentes sem tratamento adequado nos corpos d'água, podem criar ambientes propícios à existência de vetores de interesse para a saúde pública.

A possibilidade de transmissão de doenças por meio do contato com a água contaminada restringe o uso dos corpos hídricos urbanos. Isso porque cada categoria de uso requer padrões específicos de qualidade da água. Frente a este cenário, impõe-se um grande desafio a ser enfrentado na gestão dos recursos hídricos: suprir a demanda por água em quantidade e condições sanitárias adequadas às diversas categorias de uso.

Neste contexto, a escassez qualitativa, resultado da degradação da água no meio urbano, tem demandado dos governos e prestadores de serviços esforços que visem o fortalecimento das políticas públicas para ampliação do acesso dos serviços de esgotamento sanitário. Para tanto, se faz necessário o aumento nos investimentos de infraestrutura e a definição de padrões ambientais.

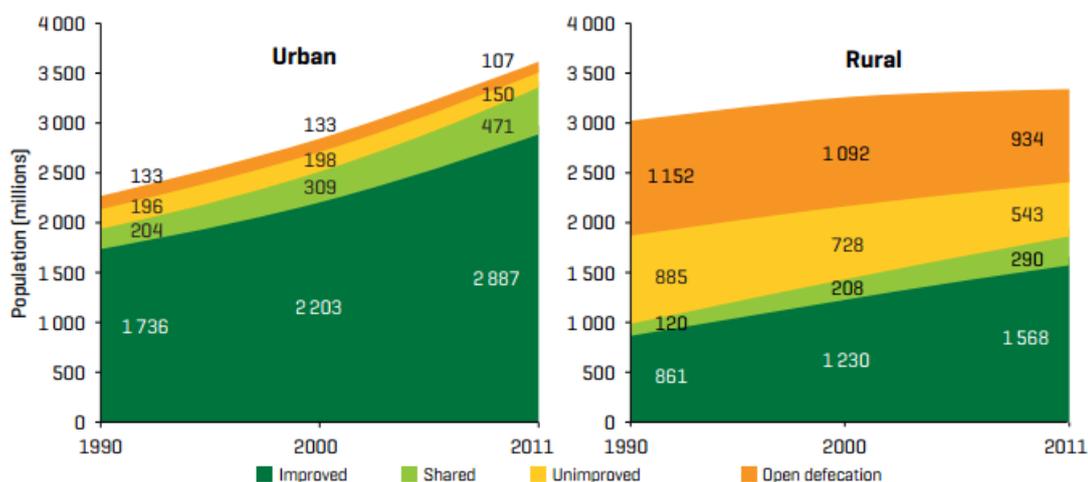
3.3. O Desafio na Universalização dos Serviços de Saneamento

Para a Organização Mundial da Saúde – OMS, o acesso aos serviços de saneamento é condição necessária à dignidade da pessoa humana, assim como a moradia, a saúde e a educação e é entendido como um objetivo legítimo das políticas públicas em função dos importantes impactos sobre a saúde, o ambiente e a sociedade.

O relatório intitulado “Progresso no Saneamento e Água Potável, Atualização de 2013”, publicado conjuntamente pelo UNICEF e a OMS, revela que, até o final de 2011, havia 2,5 bilhões de pessoas que não tinham acesso a instalações sanitárias adequadas (Figura 5). Dessas, 761 milhões de pessoas utilizam instalações sanitárias públicas ou compartilhadas e outros 693 milhões de pessoas utilizam instalações que não cumprem com as mínimas normas de higiene. O restante, um bilhão (15% de da população mundial), ainda pratica defecação a céu aberto, onde

deste percentual, ou seja, a maioria (71%) não possui saneamento e vive em área rural.

Figura 5 - Proporção da população com saneamento básico em 2011



Fonte: Organização Mundial da Saúde – OMS

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 2010, aponta que entre os serviços de saneamento básico, o esgotamento sanitário é o que tem menor presença nos municípios brasileiros e que a despeito dos avanços registrados ao se comparar os dados entre os censos de 2000 e 2010, tais resultados não têm sido suficientes para diminuir as desigualdades regionais no acesso às condições adequadas.

Segundo Galvão Júnior (2009), a universalização do acesso aos serviços de água e de esgotos é objetivo legítimo das políticas públicas, porque tem impactos importantes sobre a saúde, o ambiente e à cidadania. Deste modo, os serviços de saneamento básico prestados de forma adequada podem garantir melhorias nas condições de vida da população, bem como, a eficiência, a qualidade e a universalidade desses serviços.

O IBGE considera como saneamento adequado ou completo,

o atendimento dos domicílios com serviços simultâneos de abastecimento de água por rede geral, com canalização interna, ligados à rede geral de esgotamento sanitário e/ou rede pluvial, e com serviço de coleta de lixo diretamente no domicílio (IBGE, 2008, p. 69).

Apesar da importância atribuída ao saneamento básico para a melhoria da qualidade de vida da população, a universalização do sistema ainda parece de difícil

execução. A universalização dos serviços de água e esgoto, no Brasil, é tratada por legislações complementares e estão a cargo de diversos órgãos da administração pública ligada às áreas de desenvolvimento urbano, saúde pública, meio ambiente, recursos hídricos e defesa do consumidor. Todas as legislações relacionadas ao tema de saneamento básico têm, de forma explícita ou implícita, a exigência ou recomendação de universalização dos serviços de água e esgoto. Para Blackman (1995), a universalização deve ser entendida como um conceito flexível, que evolui gradualmente, de acordo com características de infraestrutura, bem como as variáveis, técnicas, econômicas, políticas e sociais específicas de cada setor.

Um dos pontos que tem tido relevância nas discussões relacionadas a cobertura dos serviços de saneamento está relacionada às alternativas tecnológicas que podem contribuir para o acesso da população aos serviços de saneamento básico.

Nesta perspectiva, para Galvão Junior (2009) as ações de planejamento, para esgotamento sanitário, devem considerar a implantação de tecnologias alternativas e de fácil assimilação pela comunidade beneficiada. Ele reforça, no que se refere a soluções tecnológicas, que a universalização não significa o uso exclusivo de tecnologias convencionais e pode, portanto, contemplar alternativas simplificadas e/ou individuais.

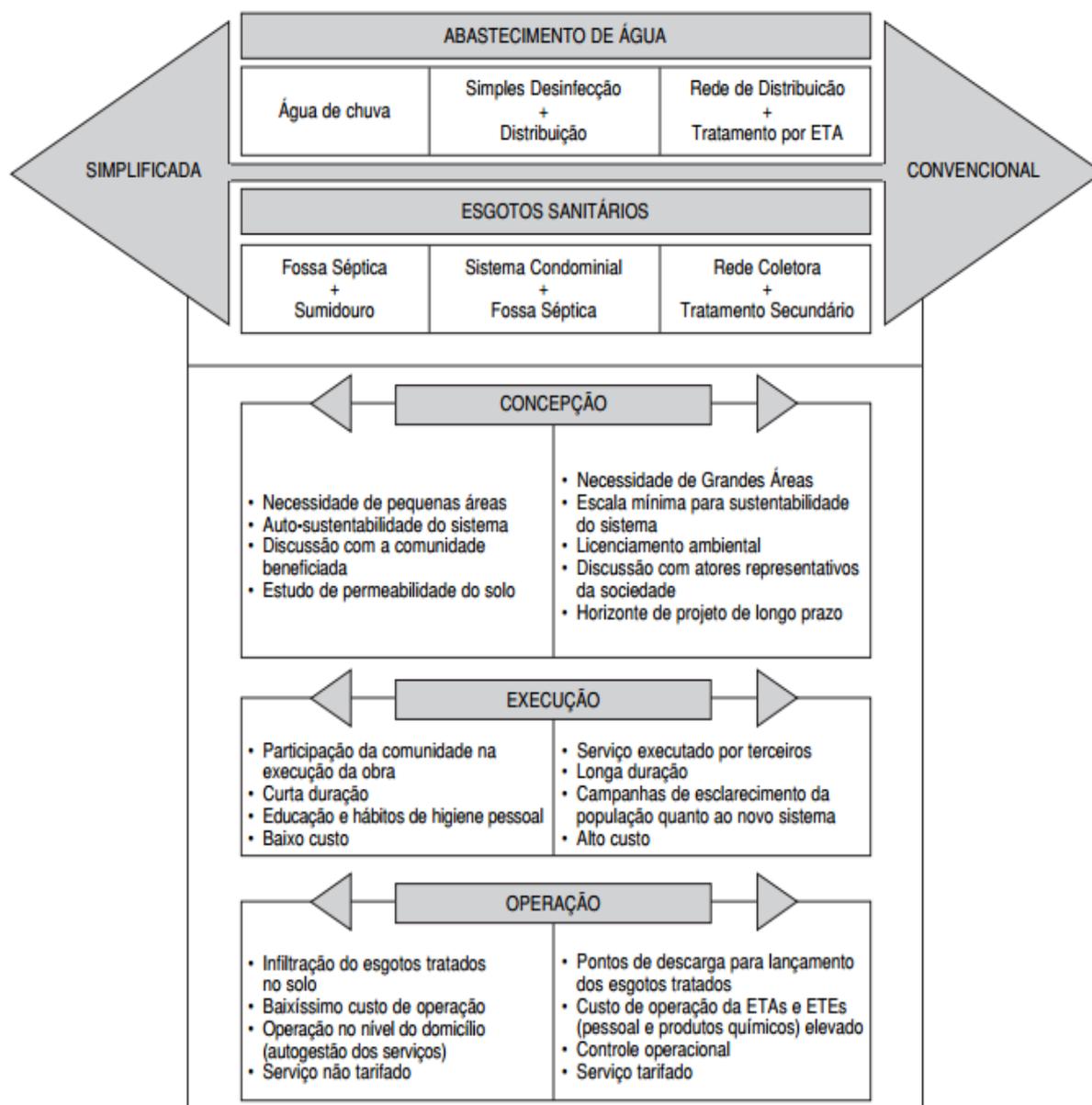
Paterson, Mara e Curtis (2007) apresentam estudos sobre alternativas tecnológicas para populações de baixa renda e áreas de elevada densidade urbana e concluem que as tecnologias simplificadas são invariavelmente mais econômicas que as tecnologias convencionais. No nordeste do Brasil, o custo da implantação de uma rede de tratamento de esgoto convencional atingiu US\$ 1.500 por família (Watson, 1995). Na Jordânia em 1997, para um projeto de saneamento rural com rede convencional, foi projetado um custo de US\$ 2.200 por domicílio (Bakir, 2001). Em Colombo, Sri Lanka, o custo para implantação de tecnologias simplificadas chega a US\$ 60 por domicílio, enquanto que em testes preliminares em Natal, Nordeste do Brasil, os custos totais de capital foram de US\$ 325 por domicílio (Sinnatamby, 1990). Além disso, a operação e os custos de manutenção nesta área foram de US\$ 0,21 por família/mês (Watson, 1995). O estudo realizado por Sinnatamby (1983) constatou, no nordeste do Brasil, que tecnologia simplificada era de menor custo do que os sistemas convencionais (em termos de custos totais

anuais por família) em áreas com densidade demográfica superior a 160 pessoas/ha.

Galvão Junior (2009) apresenta as principais características das alternativas tecnológicas, simplificadas e convencionais dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário (Figura 6), observáveis para as etapas de concepção, execução e operação dessas tecnologias, possíveis para a universalização dos serviços de água e esgoto.

O mesmo autor destaca que apesar das discussões, não há solução padrão de tecnologia para a universalização dos serviços. Essa decisão depende da análise das características locais do projeto (densidade demografia, condições do solo), bem como das variáveis técnicas, sociais e econômicas envolvidas na implantação e na sustentabilidade dos serviços. Desta forma, o custo médio para implantação de tecnologias de saneamento pode variar amplamente e devem ser utilizadas com cautela.

Figura 6 - Tecnologias possíveis para a universalização dos serviços de água e de esgoto e etapas de implantação



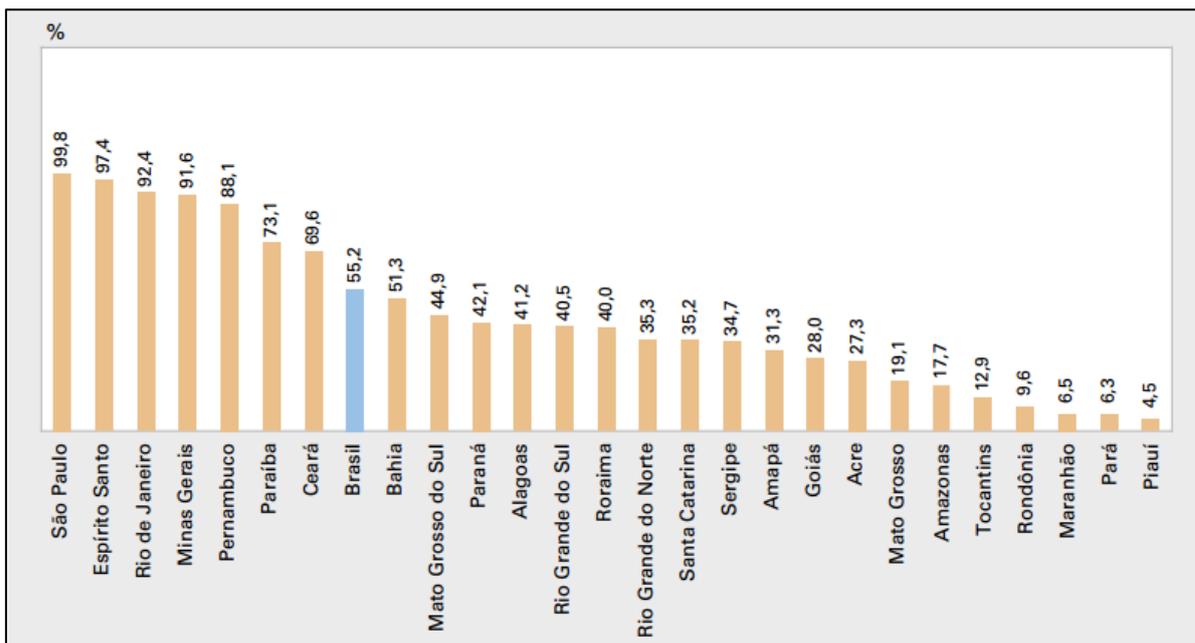
Fonte: Galvão Junior (2009)

3.5. Panorama Geral dos Serviços de Esgotamento Sanitário no Brasil

Os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, 2008. Nesta pesquisa apontam que, entre os serviços de saneamento básico, o esgotamento sanitário é o que tem menor presença nos municípios brasileiros (IBGE, 2008). O relatório consolidado desta pesquisa apresenta o panorama da cobertura dos

serviços de esgotamento sanitário e aponta que a média brasileira de municípios com rede coletora de esgoto é de 55,2% (Figura 7). Tais dados permitem, também, identificar que entre os municípios com a cobertura abaixo da média, encontram-se 19 dos 27 municípios com menos de 50.000 habitantes.

Figura 7 - Percentual de municípios com rede coletora de esgoto, em ordem decrescente, segundo as Unidades da Federação - 2008

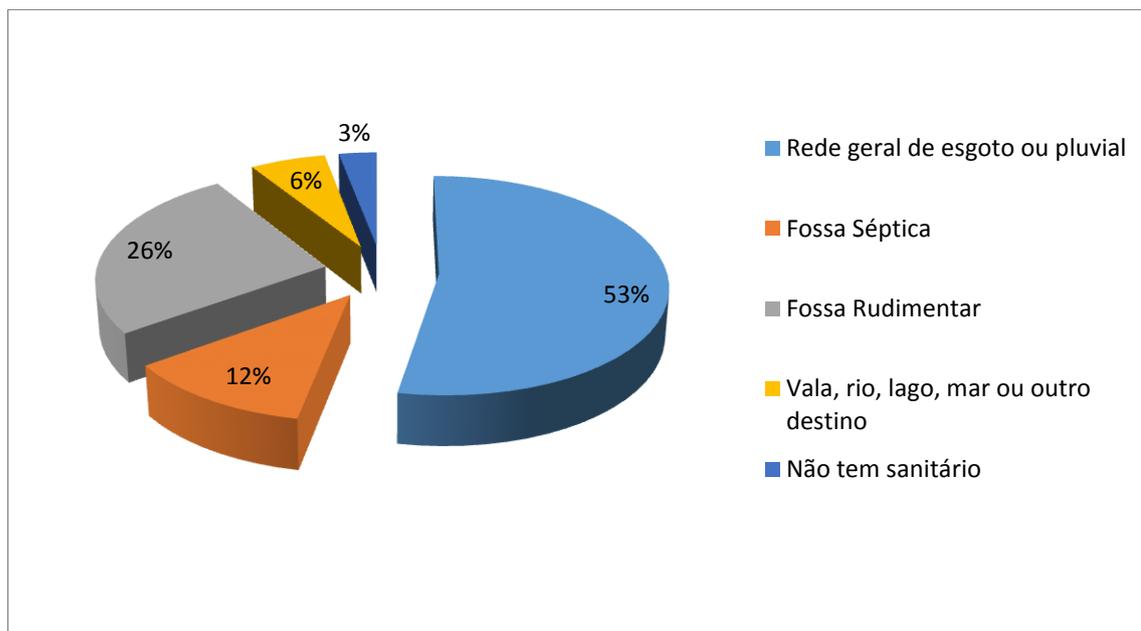


Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.

Além disso, dados da PNSB 2008 indicam que:

- a) em 2010, 35% da população brasileira contavam com soluções inadequadas para o afastamento de esgotos, ou seja tem o lançamento, diretamente, em fossa rudimentar, rio, lago ou mar, ou não tem banheiro ou sanitário em nas suas residências.
- b) apenas 53% do volume de esgotos coletados (Gráfico 1) recebiam algum tipo de tratamento, antes de sua disposição no ambiente.

Gráfico 1 - Percentual da Situação por Tipo de Instalação Sanitária no Brasil

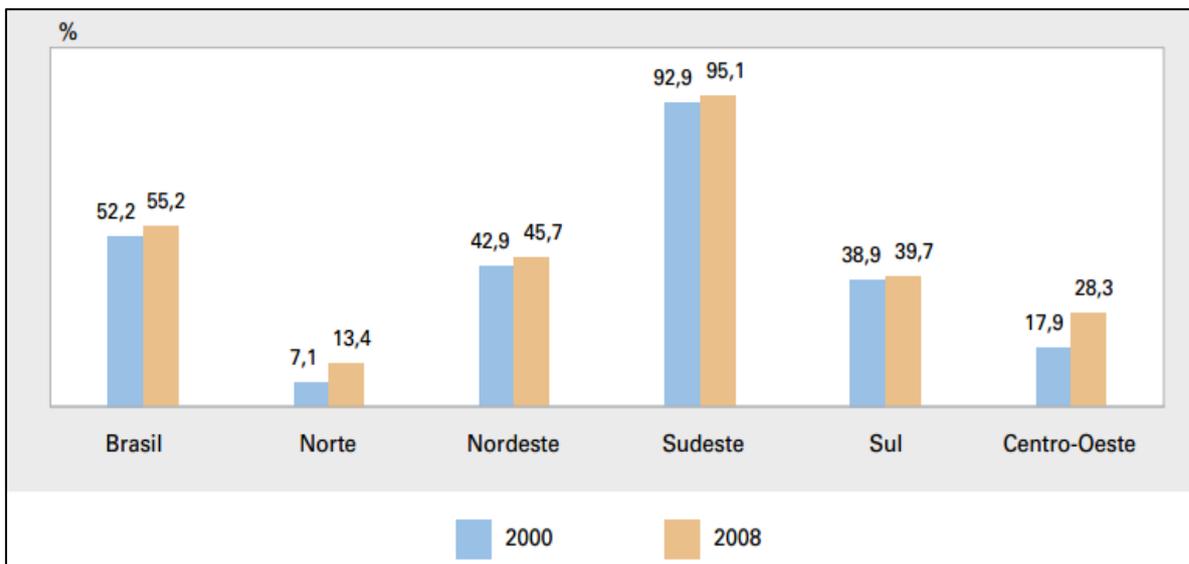


Fonte: Censo Demográfico, IBG 2011.

- c) apenas a Região Sudeste (Figura 8) registrava uma elevada presença de municípios com rede coletora de esgoto¹ (95,1%). Em todas as demais regiões, menos da metade dos municípios estava atendida pela rede, sendo a maior proporção observada na Região Nordeste (45,7%), seguida pelas Regiões Sul (39,7%), Centro-Oeste (28,3%) e Norte (13,4%).

¹ • Rede geral de esgoto ou pluvial - quando a canalização das águas servidas e dos dejetos, proveniente do banheiro ou sanitário, estava ligada a um sistema de coleta que os conduzia a um desaguadouro geral da área, região ou município, mesmo que o sistema não dispusesse de estação de tratamento da matéria esgotada;

Figura 8 - Percentual de municípios com rede coletora de esgoto, segundo as Grandes Regiões - 2000/2008



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000/2008.

d) na região Centro-oeste, o estado de Goiás registrou uma população de 1.835.859 habitantes distribuídos nas áreas urbanas e rurais. Dessa população apenas 36,2 % dos domicílios estão ligados a uma rede geral de esgoto e 63,8% dos domicílios particulares permanentes utilizam fossas séptica², rudimentares³ ou os dejetos são lançados diretamente para uma vala a céu aberto, rio, lago ou mar (Tabela 1).

² • Fossa séptica - quando a canalização do banheiro ou sanitário estava ligada a uma fossa séptica, ou seja, a matéria era esgotada para uma fossa próxima, onde passava por um processo de tratamento ou decantação, sendo, ou não, a parte líquida conduzida em seguida para um desaguadouro geral da área, região ou município;

³ • Fossa rudimentar - quando o banheiro ou sanitário estava ligado a uma fossa rústica (fossa negra, poço, buraco etc.);

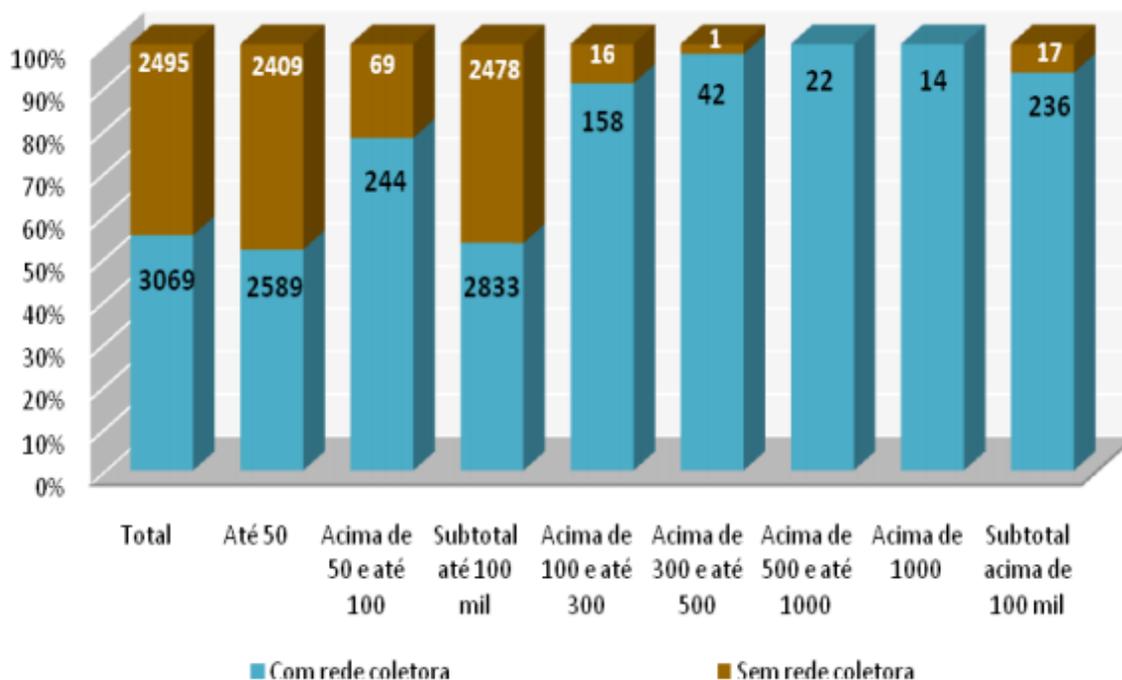
Tabela 1 - Domicílios particulares permanentes, segundo a condição de ocupação e o tipo de esgotamento sanitário

UNIDADE DA FEDERAÇÃO		TOTAL	TIPO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO					
			Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro tipo
Goiás	Urbana	1.662.565	664.296	215.338	776.041	1.112	4.320	1.458
	Rural	173.294	825	24.300	144.325	1.668	670	1.506
TOTAL		1.835.859	665.121	239.638	920.366	2.780	4.990	2.964
%		100,0%	36,2%	13,1%	50,1%	0,2%	0,3%	0,2%

Fonte: IBGE, 2008/PNSB 2008 - Adaptado pela autora

Em 2008, dos 5.564 municípios brasileiros, apenas 3.069, ou 55%, contavam com serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, ainda que parcialmente (Figura 9).

Figura 9 - Percentual de municípios com rede coletora e sem rede



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008

A presença de rede coletora de esgoto tem maior representatividade nos municípios mais populosos, atingindo cobertura total entre aqueles com população superior a 500 000 habitantes. Nos municípios situados na classe de tamanho da população com 100 000 a 500 000 habitantes, o serviço de coleta de esgoto estava presente em mais de 90,0%. Com cobertura abaixo da média nacional (55,2%), encontram-se apenas os municípios com menos de 50 000 habitantes.

A Figura 9 também demonstra que do conjunto dos municípios sem serviço de esgotamento sanitário, 2.409 ou 90,3% estão entre os que têm menos de 50 mil habitantes e densidade demográfica inferior a 80 habitantes/km².

Utilizando o critério município, a universalização da coleta de esgotos estaria praticamente alcançada, nos grandes municípios, ficando o problema com os municípios menores onde existe a carência de rede. Esse critério, no entanto,

esconde a realidade, já que a existência da rede em uma localidade não assegura que todos os seus domicílios estejam atendidos.

No que se refere à gestão dos serviços de esgotamento sanitário no Brasil, esta é exercida, pelos estados e municípios, por meio das prestadoras de serviço (pública e privada) cujos dados são consolidados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS do Ministério das Cidades. Para o volume de esgoto coletado e tratado no Brasil, por macrorregião, o relatório do SNIS de 2012 apresenta o volume de 5.149.349 milhões/m³ de esgoto coletado onde apenas 3.543.233 milhões/m³ são tratados (Tabela 2). Isso representa um percentual de 69% do volume total caracterizando um elevado índice de poluição dos corpos hídricos.

O conjunto de informações apresentadas na PNSB (2008) demonstra que a cobertura da prestação de serviços de saneamento sanitário ainda, não atende às diretrizes das políticas nacionais de saúde e saneamento, exigindo dos gestores, novas articulações e projetos alternativos aplicáveis às condições locais e regionais.

O panorama apresentado neste capítulo sintetiza dados relevantes quanto à vulnerabilidade social e ambiental da população brasileira dada a insuficiência ou ausência dos serviços de esgotamento sanitário. Nesta perspectiva, o processo de análise de alternativas tecnológicas, previsto na legislação vigente, pode contribuir para um planejamento urbano mais amplo e, deve considerar tanto as variáveis econômicas quanto as variáveis sociais e ambientais das localidades. Destaca-se ainda que a ampliação do acesso desses serviços passa, necessariamente, por uma alocação efetiva dos recursos visando à conservação dos recursos naturais; melhoria das condições sanitárias locais e controle da poluição.

Tabela 2 - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2012 por Região Geográfica - Brasil, 2012

Região	INFORMAÇÕES GERAIS			INFORMAÇÕES OPERACIONAIS - ESGOTOS			
	MUNICÍPIOS ATENDIDOS COM ESGOTOS			POPULAÇÃO ATENDIDA		VOLUMES DE ESGOTO	
	Quantidade de municípios atendidos com esgotamento sanitário	População residente total, segundo o IBGE	População residente urbana	População total atendida com esgotamento sanitário	População urbana atendida com esgotamento sanitário	Coletado	Tratado
	Município	habitante	habitante	habitante	habitante	1.000 m ³ /ano	1.000 m ³ /ano
Norte	50	8.636.218	8.077.245	1.309.607	1.306.407	245.567	60.888,80
Nordeste	431	32.115.426	27.434.799	11.511.404	11.312.505	3.286.100	655.157,73
Sudeste	1.259	84.268.703	79.717.493	61.969.987	61.445.397	20.141.189	3.568.960,71
Sul	351	19.591.983	17.852.495	9.974.437	9.929.463	3.322.920	548.689,97
Centro-Oeste	149	11.236.289	10.480.567	5.970.129	5.884.242	1.942.356	315.651,30
TOTAL	2.240	155.848.619	143.562.599	90.735.564	89.878.014	28.938.132	5.149.348,51

Fonte: SNIS, 2014

CAPÍTULO IV

CONTRIBUIÇÃO DA ANÁLISE CUSTO-EFETIVIDADE NA AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS AMBIENTAIS

4.1. Considerações Iniciais

O desafio no campo das políticas ambientais é equacionar o problema de alocar um orçamento limitado em opções de gastos, de investimentos ou de custeio, com a utilização eficiente dos recursos. Neste contexto, desde a década de 80, a *United States Environmental Protection Agency - EPA*, agência dos Estados Unidos para a Proteção Ambiental e outras agências passaram a solicitar a avaliação dos custos e dos benefícios para aprovação de políticas, programas e projetos ambientais.

A avaliação econômica é um dos temas mais difundidos na economia do meio ambiente e engloba dois aspectos primordiais: a avaliação do impacto e a avaliação de retorno econômico do projeto que estão intrinsecamente relacionados. Tal abordagem tem sido considerada de suma importância no processo das políticas públicas, ou seja, desde sua avaliação preliminar até as suas respectivas consequências, com o objetivo fundamental de aperfeiçoar as informações disponíveis para melhoria dos processos de seleção, planejamento, concepção e implantação dos projetos (EPA, 2010).

Assim sendo, a avaliação econômica de projetos não tem como objetivo avaliar qual projeto atingirá os objetivos mais eficientemente e sim analisar qual projeto terá melhor impacto do ponto de vista social levando a uma melhor eficiência na alocação dos recursos dado um exigido nível de bem-estar social.

Ambos, benefícios e custos de um determinado projeto, são, apropriadamente, descontados ao longo do tempo para torná-los comparáveis. De posse desses resultados comparáveis, expressos na mesma unidade de medida (unidades monetárias) pode-se realizar uma avaliação da preponderância de um ou de outro fator (benefício ou custo) e ter subsídios técnicos para escolher a melhor opção, também em termos sociais. (HUFSCHMIDT *et al.*, 1983).

A visão dos economistas sobre a avaliação de custos de políticas, programas e projetos governamentais não deve ser apenas aquela dos gastos realizados, mas

também a de custos de oportunidade, ou do sacrifício, ou escolha entre diferentes alternativas (DUMOND et. al. 2005). Desta forma, ao considerar que as necessidades humanas são ilimitadas e os recursos escassos, torna-se fundamental, no processo de tomada de decisões, que as escolhas sobre “o que”, “para quem”, “como” e “quanto” produzir passe, necessariamente, por uma avaliação econômica estruturada.

Dentre as técnicas de avaliação econômica de políticas, programas e projetos governamentais, destacam-se na literatura: a Análise Custo-Benefício – ACB e a Análise Custo-Efetividade – ACE.

A ACB objetiva avaliar os custos e benefícios de um projeto, atribuindo um valor monetário aos diferentes impactos possíveis e agregando os resultados para determinar o respectivo benefício líquido, onde os custos e benefícios são avaliados *ext-ante*, ao estimar os efeitos por algum tipo de simulação e, uma avaliação *ex-post* que permitem estabelecer e quantificar as relações de causalidade entre as ações implementadas e as alterações verificadas após implantação, ou seja, considera-se a avaliação entre um cenário base, com projeto, e um cenário alternativo, sem projeto. O requisito essencial é que tanto os custos como os benefícios possam ser expressos em unidades monetárias.

A ACE permite a avaliação econômica entre duas ou mais alternativas de intervenções identificadas em políticas setoriais, programas ou projetos com base no alcance de um determinado objetivo (meta ou padrão ambiental). O resultado da análise será aquele que, discutidas as possibilidades cabíveis para atender determinada norma ou padrão ambiental, apresentar maior eficiência do ponto de vista dos custos incorridos para atingir os objetivos/metapropostos. E, a partir deste resultado, as ações de política ambiental terão maior chance de êxito, além de o agente ter maior transparência no processo decisório (GULLO, 2010).

No caso dos projetos e programas ambientais verifica-se com certa frequência dificuldades de avaliação monetária dos benefícios limitando a análise dos efeitos econômicos imediatos, avaliando unicamente aqueles que sejam mensuráveis em termos monetários. Neste contexto, dada as restrições para uma correta medição dos benefícios, a ACE torna-se técnica viável para a avaliação direta de alternativas de programas que têm os mesmos objetivos permitindo-se medir seus impactos em termos da efetividade da intervenção. Ou seja, ao se

estabelecer as metas e padrões a serem alcançados a ACE permite a definição de uma medida de efetividade e passa a analisar, dentre as alternativas existentes, os custos para atingi-la.

4.2. O Passo a Passo da Análise Custo-Efetividade

As intervenções de saneamento básico têm como foco promover benefícios à saúde humana, ao meio ambiente e a promoção do bem estar social. Neste sentido, a Análise Custo-Efetividade – ACE apresenta-se como um importante instrumento de avaliação econômica, uma vez que, permite comparar soluções tecnológicas sanitárias alternativas, com base no alcance de um mesmo objetivo com o menor custo, ou seja, escolher a alternativa efetiva em custos.

A ACE é definida como a técnica que leva em conta os custos e efeitos de selecionar alternativas, tornando possível escolher as que proveem os melhores resultados para qualquer determinado dispêndio de recursos ou aquela que minimize a utilização do recurso para qualquer determinado resultado (LEVIN e MCEWAN 2000).

Para tanto, deve-se observar pelo menos três critérios: a) somente programas com similar ou idêntico objetivo podem ser comparados; b) a escolha da medida de efetividade deve ser comum às alternativas em estudo, e c) os dados sobre os custos e medidas de efetividade podem ser convertidos em taxas custo-efetividade que representam um índice de efetividade obtido para um custo estimado.

Assim com apresentado nos trabalhos de Booth *et al* (1997) e Levin e McEwan (2000) *apud* Branco (2008), na ACE, é importante seguir alguns passos que permitem uma análise mais consistente, tais como:

- a) identificar o problema a fim de este seja bem compreendido;
- b) definir as alternativas a serem comparadas;
- c) definir o público que vai ter acesso a ACE. Esse público pode ser o público primário, que envolve os tomadores de decisão e a clientela, ou pode ser o público secundário, que envolve as pessoas que se beneficiarão das análises;
- d) identificar os custos que serão empregados na análise e atribuir valores a esses custos, tendo-se o cuidado de evitar a dupla contagem. Para a identificação dos custos podem ser utilizados os preços de mercado coletados de estudos

realizados sobre o assunto ou de revendedores de produtos. Quando este custo não está disponível pode ser empregado um preço estimado ou o preço sombra;

e) organizar uma tabela com os diferentes custos a fim de obter o custo total. Os custos envolvem custo de capital direto (materiais, equipamentos⁴, mão-de-obra, disposição de resíduos), custos de capital indireto (conservação de construções, impostos, taxas), custos de operação (eletricidade, combustível, manutenção de equipamentos) e custo das externalidades negativas que, no caso de tecnologias, podem ser estimadas por diversos métodos, entre eles o método custo de oportunidade⁵;

f) definição da taxa de desconto que envolve trazer o valor dos custos que acontecem em diferentes momentos⁶ do tempo para obter o seu valor presente. A taxa de desconto deve refletir o custo de oportunidade do dinheiro.

g) definir as medidas de efetividade que devem refletir o máximo possível o objetivo das alternativas;

h) determinar do índice custo-efetividade;

i) avaliar os índices e determinar o mais custo-efetivo;

j) realizar a análise de sensibilidade que visa estimar a estabilidade da conclusão do trabalho através da variação de algumas premissas. Pode-se, por exemplo, variar os resultados e os custos em diferentes situações, o que permitirá identificar as variáveis que tem o maior impacto no custo da solução ótima, quando eles são modificados ou quando informações mais específicas acerca dessas variáveis são conhecidas. Pode-se ainda variar a taxa de desconto ou os parâmetros empregados na análise quando não se tem certeza do valor.

Na ACE o conceito de benefício é substituído pelo conceito de efetividade, permanecendo válido o critério de otimização, preconizado na teoria neoclássica. Quando da utilização desta técnica, o que se pretende é comparar uma categoria quantitativa absoluta, ou seja, o custo envolvido; com outra categoria qualitativa que é representada por um indicador (atributo) comum às alternativas apresentadas para

⁴ No caso de equipamentos, no cálculo do custo deve ser incluído também a depreciação deste. Para esse cálculo deve ser determinada a vida útil do equipamento, dividida pelo total de anos deste. Neste caso, como existe o custo de oportunidade do dinheiro aplicado deve ser aplicada uma taxa de juro (Lewin & MacEvan, 2000).

⁵ Custo de oportunidade: significa a oportunidade perdida, ou algo que se deixou de fazer.

⁶ A ACE pode ser realizada ex ante ou ex post. No primeiro caso, as estimativas de efetividade e custos são comparados, a fim de que seja apontado o melhor projeto ou política. No segundo caso, os custos passados e os resultados alcançados são comparados para avaliar o custo-efetividade da política.

o estudo. Desta forma, a ACE avalia se os objetivos foram alcançados de forma eficaz e custo-efetiva. Mas vale destacar que um projeto pode ser custo-efetivo quando opera com custos mínimos, mas, por outro lado, ele pode não ser eficiente caso não atinja os benefícios esperados para a população-alvo em estudo.

A utilização da ACE pode ser realizada em várias áreas, no entanto, a saúde e o meio ambiente têm significativa representatividade em diversos estudos, conforme destacam Gullo e Sabino Junior (2010):

- Na saúde, estudos na área de incrementos na qualidade de vida ou Quality Adjusted Life Year (QALY) tem-se utilizado da análise custo efetividade onde o denominador é o número de anos ganhos com uma determinada solução com o menor custo possível (HLATKY *et al.*, 2003).
- Na área ambiental, os exemplos de uso da ACE remontam há pelo menos três décadas. No início da década de 70 (século XX), Kohn (1972) construiu um modelo de Custo-efetividade para controlar a poluição do ar. O custo total de abatimento foi minimizado para um determinado conjunto de metas de qualidade do ar e de graus de confiança para alcançar as metas. Neste modelo, o elemento probabilístico se limitou a uma única variável estocástica, a velocidade anual média do vento. Embora este seja um modelo simplificado, os resultados indicavam que o custo de uma maior segurança aumentava rapidamente. Isto sugere que as metas de qualidade do ar deveriam ser expressas, não só em termos de concentrações máximas de poluentes, mas também das probabilidades mínimas para garantir que estas máximas não sejam ultrapassadas.
- Na Grande Santiago (Chile), que tem problemas sérios de poluição do ar, Escobedo *et al* (2008) avaliaram a política de utilização de florestas urbanas (ou reflorestamento) para diminuir a poluição atmosférica, tendo como meta remover as partículas inferiores a 10mm (PM10). Para tanto, compararam o programa de florestas urbanas com outros investimentos públicos alternativos na busca de melhoria da qualidade do ar. Através da ACE, o programa de florestas urbanas se mostrou mais custo-efetivo, ao apresentar menores custos para atingir a meta

proposta. Similarmente, Guterman *et al* (2001) utilizaram a ACE para testar cenários de políticas compostas de subconjuntos diferentes de intervenções políticas e de diferentes previsões de preços de energia tendo como meta a redução das emissões de carbono para os Estados Unidos.

- Gauvin *et al* (2009) utilizaram a ACE para analisar um programa de “pagamento por serviços ambientais” com dois objetivos simultâneos: preservação ambiental e redução da pobreza. Os autores elaboraram um estudo de caso com o programa da China denominado *Grain for Green Program*. Para tanto, utilizaram um conjunto de dados para avaliar os fatores que determinam as áreas a serem priorizadas pelo programa. A partir daí, identificaram a heterogeneidade das famílias participantes e analisaram as correlações entre famílias e seu potencial em termos de benefícios ambientais, custos de oportunidade de participação no programa e o nível de pobreza, medidos através dos ativos das famílias.
- Na área agrícola, Matzdorf & Lorenz (2009) usaram ACE para avaliar o programa de medidas agroambientais do governo na Alemanha. Uma das medidas é a manutenção de espécies de gramíneas (pastagem rica). Essas medidas agro-ambientais são um importante instrumento para a conservação e promoção das terras agrícolas ecologicamente adaptadas e fazem parte, por força de lei, dos Planos de Desenvolvimento Rural dos estados membros da União Europeia. Para testar a ACE, as autoras selecionaram 4 regiões do estado de Baden-Wuttemberg e mediram os resultados dos agricultores que usaram diferentes métodos de plantio.

No Brasil, Castro *et al.* (2007) utilizaram a ACE para fazer uma análise de custo-efetividade da Atenção Básica⁷, comparando duas alternativas de provisão de serviços de Atenção Básica modelo tradicional e Programa de Saúde da Família a

⁷ De acordo com as diretrizes da Política Nacional de Atenção Básica – PNAB do Ministério da Saúde, a atenção básica caracteriza-se por um conjunto de ações de saúde, no âmbito individual e coletivo, que abrange a promoção e a proteção da saúde, a prevenção de agravos, o diagnóstico, o tratamento, a reabilitação, a redução de danos e a manutenção da saúde com o objetivo de desenvolver uma atenção integral que impacte na situação de saúde e autonomia das pessoas e nos determinantes e condicionantes de saúde das coletividades. (Ministério da Saúde, 2012).

partir do estudo de caso de duas unidades de Atenção Básica de saúde em Porto Alegre no ano de 2002.

Na área de recursos hídricos, Jardim Junior (2006) avalia, por meio de modelagem, a efetividade na recuperação de cursos hídricos, a partir de dois tipos de etapalização na implantação de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) no Brasil: I) abordagem usual à engenharia; e II) abordagem equi-marginal que conduz à obtenção dos menores custos para o alcance de um padrão ambiental quando diversas fontes poluidoras contribuem para o mesmo corpo receptor. Como resultado a modelagem comparativa de implantação por etapas de 4 ETEs, ao longo de 20 anos, evidenciou que o enfoque da análise agregada, com o uso do princípio da Equi-Marginalidade, apresentava ganhos ambientais acumulados 68% superiores ao caminho usual de implantação por etapas de ETEs. Ao mesmo tempo, os ganhos iniciais do enfoque agregado apresentaram-se comparativamente muito superiores.

Já Branco (2008) utilizou a análise custo-efetividade para comparar quatro projetos distintos para regular a aplicação de agrotóxicos em lavouras de tomate industrial: mistura de agrotóxicos sem nenhuma regulamentação; proibição de misturas de agrotóxicos; permissão para mistura de agrotóxicos apenas quando os produtos fossem comercializados pela mesma empresa e proibição de misturas que apresentem potencial risco para a saúde humana. Os resultados da análise mostraram que a mistura de agrotóxicos sem nenhuma regulamentação foi o projeto mais custo-efetivo com o menor custo ambiental, mas com potencial de aumentar os riscos à saúde humana, e os projetos que proíbem a mistura de agrotóxicos, quando estas podem causar riscos à saúde humana, foi a segunda melhor opção, porém destacou-se a necessidade de pesquisas que venham a aumentar o conhecimento sobre o impacto das misturas de agrotóxicos na saúde humana e dos animais.

4.4. Identificando Custos Aplicáveis à Análise Custo-Efetividade

Existem diferentes modelos que podem ser usados para estimar custos e medidas de efetividade em programas ou projetos ambientais. A escolha passa, necessariamente, pela análise inicial quando do delineamento e identificação real do problema e das alternativas em estudo que possibilitam a utilização da técnica de análise custo-efetividade. Apesar das dificuldades na definição do modelo a ser utilizado a EPA recomenda uma análise baseada nos tipos de impactos que

envolvem o estudo, na dimensão geográfica desses impactos, nos agentes envolvidos e nos resultados esperados, sendo uma combinação desses fatores podem determinar um modelo mais adequado para uma situação em particular.

Para avaliação de programas e projetos ambientais as técnicas para o cálculo de custos que podem ser aplicadas na análise custo-efetividade são: pesquisa, modelagem de engenharia, contabilidade comparativa e combinada (PEREIRA, 1999).

A técnica de pesquisa permite o entendimento dos principais custos associados com as alternativas em estudo com base nos objetivos e resultados esperados para as alternativas propostas para serem avaliadas. O processo de modelagem consiste em identificar as tecnologias, insumos, equipamentos e os custos de investimentos relacionados à instalação e manutenção que envolve as alternativas propostas para subsidiar a tomada de decisão.

O manual de avaliação econômica, publicado pela Agência dos Estados Unidos para a Proteção Ambiental – EPA em 2010 reconhece que a abordagem utilizada para o levantamento de custos pode ser limitada. No entanto, a EPA considera que essas limitações não comprometem uma análise de custo efetividade que pretenda comparar alternativas de políticas, programas ou projetos e destaca a importância de se considerar, quando aplicável, as três categorias de custos, cada uma composta de dois componentes, para definição de um adequado quadro no processo de levantamento de dados que são os custos explícitos e implícitos; os custos diretos e indiretos e os custos do setor privado e setor público.

Quando da impossibilidade de mensurar determinados custos utiliza-se a contabilidade comparativa que se baseia em experiências similares de outros programas e atividades, sendo que os preços ou custos dos seus componentes podem ser dados pelo mercado ou obtidos de julgamentos e experiências profissionais.

Por fim, a técnica combinada consiste em unir o que há de mais vantajoso nas técnicas de modelagem de engenharia e pesquisa, selecionando-se as informações relevantes obtidas pelos agentes que efetivamente ou potencialmente serão alvos do programa com as melhores informações derivadas dos padrões de custos dos recursos (CASTILHO, 2004).

4.5. Considerações às Escolhas de Medidas de Efetividade

Os benefícios de um programa de cunho ambiental geralmente consistem nos efeitos que uma melhoria na qualidade do meio ambiente tem no bem-estar humano. Os indivíduos derivam satisfação (ou utilidade) de “serviços” providos pelo ambiente natural. Há uma experiência de ganho de utilidade na medida em que a melhoria na qualidade do ambiente natural aumenta o fluxo de serviços que as pessoas dele extraem e vice-versa, no caso de degradação ambiental (PEREIRA, 1999).

Há diversos aspectos intangíveis associados a projetos ambientais que impactam diretamente a tomada de decisão na avaliação, seleção e priorização de projetos de ecoeficiência. A razão mais importante para esta inclusão é a potencial utilidade dos intangíveis para o gerenciamento e maximização do valor do negócio como um todo (KAYO, 2002; ASSUNÇÃO *et al*, 2005 *apud* VIEIRA, 2013).

As medidas de efetividade a serem escolhidas quando da utilização de uma ACE devem ser definidas com muito cuidado para facilitar comparações válidas entre as alternativas propostas. Quanto mais próxima a medida escolhida for uma variável que afeta diretamente o bem-estar social, mas consistente será a ACE (EPA, 2010).

Para Drumond *et al.* (2005), para uma avaliação da efetividade é necessário definir os indicadores que vão medir o sucesso dos objetivos. Os indicadores devem ser confiáveis, ou seja, diferentes avaliadores devem poder obter os mesmos resultados e devem medir precisamente aquilo que se deseja considerando as mudanças específicas que possam ser atribuídas ao projeto, e não a outras variáveis.

Tais medidas de efetividade podem representar impactos quanto a melhoria na qualidade do meio ambiente, melhoria na saúde humana e/ou do bem-estar social.

CAPÍTULO V

OS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

5.1. Os Sistemas de Tratamento de Esgoto Sanitário

Os sistemas de esgotamento sanitário têm o objetivo de proporcionar o afastamento rápido e seguro dos esgotos; a coleta dos esgotos individual ou coletiva (fossas ou rede coletora); o tratamento e disposição adequada dos esgotos tratados. A partir dessa infraestrutura busca-se atingir benefícios como a conservação dos recursos naturais; a melhoria das condições sanitárias locais; a eliminação de focos de contaminação e poluição, como também, a redução dos recursos aplicados no tratamento de doenças e diminuição dos custos no tratamento de água para abastecimento (LEAL, 2008).

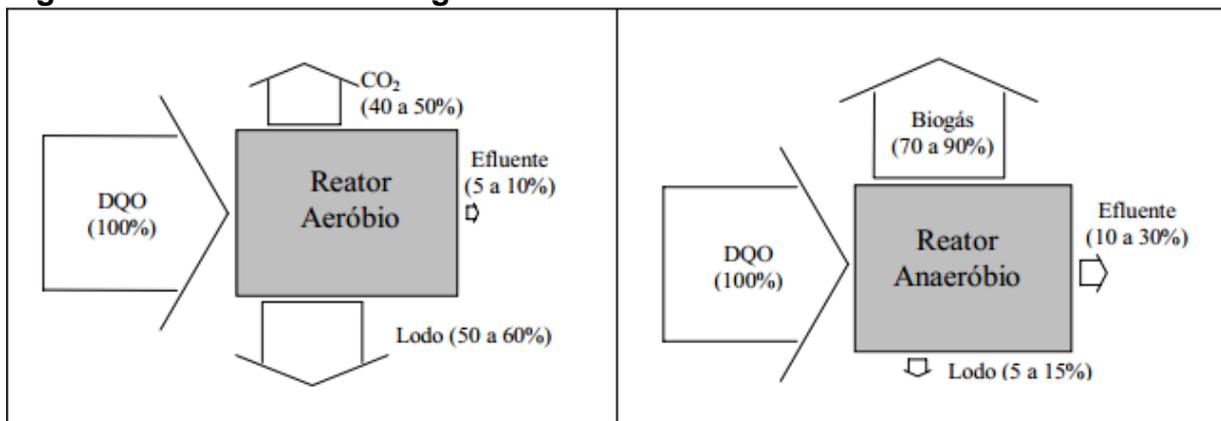
Fernandes (1997) afirma que a coleta e transporte das águas residuais desde a origem até o lançamento final constituem o fundamento básico do saneamento de uma população. Os condutos que recolhem e transportam essas vazões são denominados de coletores e o conjunto dos mesmos compõe a rede coletora. Essa rede coletora, em conjunto com os emissários, as unidades de tratamento, etc., caracterizam o que é denominado de sistema de esgotos sanitários.

Os sistemas que caracterizam uma grande parte dos serviços públicos em esgotamento sanitário apresentam a composição de uma estação convencional de tratamento de esgoto com as fases de níveis de tratamento: preliminar, primário, secundário e terciário.

As estações compactas de tratamento de esgotos utilizadas como soluções individuais, são instaladas diretamente nas residências e não exigem ligação direta a uma rede de coleta de esgoto. O efluente gerado é depositado em caixa de gordura e gradeada direcionados para um reator anaeróbio tipo *Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors* - UASB, que maximiza as ações de bactérias anaeróbias causando a biodigestão e após tratamento em filtro anaeróbico operado com fluxo ascendente, o efluente tratado e rico em nutrientes, pode ter sua infiltração diretamente no solo ou ser reutilizado na irrigação de plantações, complementando a adubação do terreno, ou, ainda, ser descartado em corpo hídrico, de acordo com sua categoria, conforme previsto na legislação brasileira.

As tecnologias de tratamento de efluentes nada mais são que o aperfeiçoamento do processo de depuração da natureza, buscando reduzir seu tempo de duração e aumentar sua capacidade de absorção, com consumo mínimo de recursos em instalações e operação e o melhor resultado em termos de qualidade do efluente lançado, sem deixar de considerar a dimensão da população a ser atendida. Os sistemas existentes podem ser classificados, basicamente, em dois grandes grupos: tecnologias de sistemas simplificados ou mecanizados e processos aeróbios ou anaeróbios. (Figura 10).

Figura 10 - Conversão biológica nos sistemas aeróbios e anaeróbios



Fonte: CHERNICHARO et al (2001)

Observa-se, por um lado, que nos sistemas aeróbios, ocorre somente cerca de 40 a 50% de degradação biológica, com a conseqüente conversão em CO₂ e uma elevada incorporação de matéria orgânica, como biomassa microbiana (cerca de 50 a 60%), que vem a se constituir no lodo excedente do sistema. O material orgânico (5 a 10%) não convertido em gás carbônico, ou em biomassa, deixa o reator como material não degradado (CHERNICHARO et al, 2001).

Chernicharo *et al*,(2001) destacam ainda que para os sistemas anaeróbios, verifica-se que a maior parte do material orgânico biodegradável presente no despejo é convertida em biogás (cerca de 70 a 90%), que é removido da fase líquida e deixa o reator na forma gasosa. Apenas uma pequena parcela do material orgânico é convertida em biomassa microbiana (cerca de 5 a 15%), vindo a se constituir no lodo excedente do sistema. Além da pequena quantidade produzida, o lodo excedente apresenta-se, via de regra, mais concentrado e com melhores

características de desidratação. O material não convertido em biogás, ou em biomassa, deixa o reator como material não degradado (10 a 30%).

Entende-se que, atualmente, no Brasil, os sistemas anaeróbios encontram uma grande aplicabilidade com vantagens e desvantagens (Quadro 3). As diversas características favoráveis dos sistemas anaeróbios (tais como: baixo custo e simplicidade operacional) têm contribuído para implantação desses sistemas de tratamento de esgotos, tanto em processos coletivos quanto individuais. Também se destacam à produção de gás metano e à baixíssima produção de sólidos como vantagens da digestão anaeróbia em relação ao tratamento aeróbio.

Quadro 3 - Vantagens e desvantagens dos processos anaeróbios

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • baixa produção de sólidos, cerca de 5 a 10 vezes inferior à que ocorre nos processos aeróbios; • baixo consumo de energia, usualmente associado a uma elevatória de chegada. Isso faz com que os sistemas tenham custos operacionais muito baixos; • baixa demanda de área; • baixos custos de implantação, da ordem de R\$ 20 a 40 per capita; • produção de metano, um gás combustível de elevado teor calorífico; • possibilidade de preservação da biomassa, sem alimentação do reator, por vários meses; • tolerância a elevadas cargas orgânicas; • aplicabilidade em pequena e grande escala; • baixo consumo de nutrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • as bactérias anaeróbias são susceptíveis à inibição por um grande número de compostos; • a partida do processo pode ser lenta, na ausência de lodo de sementeira adaptado; • alguma forma de pós-tratamento é usualmente necessária; • a bioquímica e a microbiologia da digestão anaeróbia são complexas e ainda precisam ser mais estudadas; • possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis; • possibilidade de geração de efluente com aspecto desagradável; • remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos insatisfatória.

Fonte: CHERNICHARO et al (2001)

Os reatores anaeróbios disponíveis no Brasil são usualmente aplicados em pequenos aglomerados humanos, como também, nas grandes cidades, são: o decanto-digestor, o reator de manta de lodo, o filtro anaeróbio, e a lagoa anaeróbia com tecnologia suficientemente desenvolvida e conhecida no país para aplicação em escala massificada. Com o uso do filtro anaeróbio pode-se ter uma ETE

totalmente anaeróbia (mantendo as vantagens dos reatores anaeróbios em clima quente) com eficiência satisfatória na remoção de sólidos e matéria orgânica em nível secundário (menos de 60 mg/L de DBO e 30 mg/L no efluente) e com boa resposta sanitária, porque removem ovos de vermes e protozoários. (Brasil, 2014)

5.2. Padrões para Diluição de Esgoto Sanitário no Brasil

Segundo Von Sperling (1996), a composição dos esgotos domésticos é de aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, e micro-organismos. Está pequena fração é responsável pelos principais impactos (Quadro 4), no meio ambiente e na saúde humana dada a variedade de poluentes encontrados nos esgotos.

Para Jordão & Pessoa (1995) os esgotos domésticos ou domiciliares compõem-se essencialmente da água do banho, urina, fezes, papel, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem, provenientes principalmente de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas ou qualquer dispositivo de utilização da água para fins domésticos. Já para Benetti & Bidone (1997) os esgotos sanitários apresentam uma composição praticamente uniforme, que é constituída, primeiramente, por matéria orgânica biodegradável, micro-organismos (bactérias, vírus, etc.) nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos, graxas e detergentes.

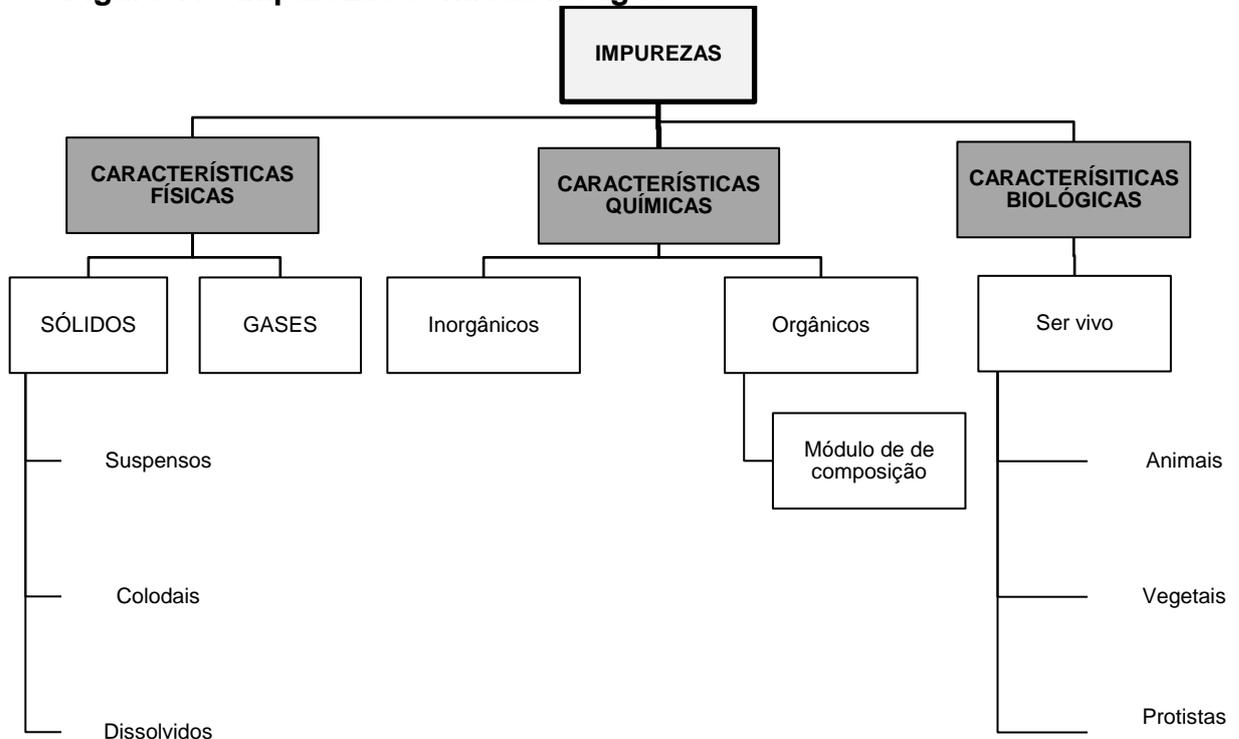
Quadro 4 – Consequências de poluentes encontrados nos esgotos

POLUENTES	PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO	TIPO DE EFLUENTE	IMPACTOS
Sólidos em suspensão	Sólidos em suspensão totais	Domésticos Industriais	Problemas estéticos Depósitos de lodo Adsorção de poluentes Proteção de patogênicos
Sólidos flutuantes	Óleos e graxas	Domésticos Industriais	Problemas estéticos
Matéria orgânica biodegradável	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Domésticos Industriais	Consumo de oxigênio Mortandade de peixes Condições sépticas
Patogênicos	Coliformes	Domésticos	Doenças de veiculação hídrica
Nutrientes	Nitrogênio Fósforo	Domésticos Industriais	Crescimento excessivo de algas Toxicidade aos peixes Doença em recém-nascidos (nitratos)
Compostos não biodegradáveis	Pesticidas Detergentes Outros	Industriais Agrícolas	Toxicidade e espumas Redução de transferência de oxigênio Não biodegradabilidade Maus odores
Sólidos inorgânicos dissolvidos	Sólidos dissolvidos totais Condutividade elétrica	Reutilizados	Salinidade excessiva – prejuízo às plantações (irrigação) Toxicidade a plantas (alguns íons) Problemas de permeabilidade do solo (sódio)

Fonte: Von Sperling (1996)

Dada sua composição, a qualidade dos esgotos domésticos pode ser representada através de diversos parâmetros que traduzem as suas características físicas, químicas e biológicas (Figura 11) avaliadas a partir das suas impurezas.

Figura 11 - Impurezas contidas na água



Fonte: Von Sperling (1996)

As impurezas de natureza física são causadas por substâncias cuja presença afeta as características da água, independentemente de sua natureza química ou biológica. Partículas sólidas suspensas ou em estado coloidal (orgânicas ou inorgânicas) alteram a transparência (turbidez) e cor da água, podendo precipitar-se na forma de lodo. Além disso, outras substâncias dissolvidas também poderão conferir alterações de cor, manifestação de odor e também variações de temperatura.

As impurezas de natureza química constituem-se de substâncias orgânicas e inorgânicas solúveis. A fração orgânica é representada por proteínas, gorduras, hidratos de carbono, fenóis e por uma série de substâncias artificiais, fabricadas pelo homem, como detergentes e defensivos agrícolas. As substâncias minerais mais importantes são nutrientes (nitrogênio e fósforo), enxofre, metais pesados e compostos tóxicos.

As impurezas de natureza biológica são representadas pelos seres vivos liberados junto com os dejetos humanos: bactérias, vírus, fungos, helmintos e protozoários. Alguns desses seres habitam normalmente o trato intestinal do homem e sem causar danos à saúde; outros podem causar doenças e são denominados organismos patogênicos (SÃO PAULO, 1988).

Os padrões para diluição de esgotos no Brasil são tratados de forma correlata nas diretrizes ambientais sobre a classificação dos corpos de água e seu enquadramento especificadas na Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que dispõe, as condições ambientais que os cursos hídricos devem ter após sua diluição.

Neste contexto, o para o campo do saneamento o elemento fundamental para disposição de esgoto tratado representa as características quantitativas e qualitativas do recurso hídrico no qual vai se lançar o efluente. Para Von Sperling (1996) a utilização de parâmetros indiretos que traduzem o caráter ou o potencial poluidor dos esgotos, é preferível ao invés da determinação dos diversos compostos da constituição dos esgotos, pois tais parâmetros definem a qualidade do esgoto e são utilizados no projeto e operação das estações de tratamento de esgotos.

Isto justifica-se, uma vez que, na medida em que as características qualitativas e quantitativas dos esgotos sanitários gerados numa comunidade podem sofrer grandes variações de carga orgânica (kg DBO₅/hab.dia), tais como: vazões unitárias médias (L/hab.dia) e vazões instantâneas (L/s), sendo função do clima (variações sazonais); dos hábitos e renda "per-capita" da população atendida; da diversificação das atividades comerciais e industriais do município; do número de habitantes fixos e flutuantes do município; além de outros fatores, também influentes, tais como: topografia, existência de micromedicação do consumo de água, custo unitário da água, etc.(FERNANDES, 1997).

A forma mais utilizada para medir a quantidade de matéria orgânica presente é através da determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que permite avaliar a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar, através de processos bioquímicos a matéria orgânica. A DBO padronizada, é expressa por DBO_(5,20), e representa o consumo de oxigênio que um volume padronizado de esgoto ou outro líquido possui a temperatura de 20°C, permitindo assim quantificar indiretamente o

seu impacto poluidor, dimensionar as estações de tratamento de esgotos e medir a sua eficiência (VON SPERLING,1996).

Para o mesmo autor, outros parâmetros usuais de qualidade de água também são usados como referência no monitoramento da poluição ambiental nos processos de esgoto ou ao monitoramento da sua diluição, tais como: índices de PH (acidez da água), Nitrogênio (neutralidade ou alcalinidade da água) e níveis de oxigênio dissolvido (OD) sendo considerado um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição nas águas por despejos orgânicos (Quadro 5) utilizadas para medir a eficiência técnica do tratamento de esgoto sanitário que será apresentada na subseção 5.3.

Quadro 5 – Parâmetros usuais de qualidade de água

Indicador	Conceito	Importância	Utilização mais frequente
pH	Potencial hidrogênico – representa a concentração de íons de hidrogênio H ⁺ (em escala anti-logarítmica), dando uma noção da acidez, neutralidade ou alcalinidade da água.	Valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática nos cursos hídricos e os microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgoto.	1. Caracterização de corpos de água; 2. Controle da operação de estações de tratamento de esgoto (digestão anaeróbica).
Nitrogênio (mg/l)	Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este alterna-se em diversas e estados de oxidação, no meio aquático pode ser encontrado nas seguintes formas: 1) N ₂ – nitrogênio molecular; 2) nitrogênio orgânico; 3) NH ₃ - amônia; 4) NO ₂ – nitrito; e NO ₃ – nitrato.	O nitrogênio é indispensável ao crescimento dos microrganismos para o tratamento de esgoto, porém quando em excesso nos corpos hídricos, pode conduzir a um crescimento exagerado de algas ocasionando o processo denominado de eutroficação. O nitrogênio, nos processos de conversão de amônia a nitrito e deste a nitrato, consome oxigênio do meio, o que pode afetar a vida aquática. A amônia livre é tóxico aos peixes.	1. Caracterização de corpos de água. A forma predominante de nitrogênio pode evidenciar o estágio de poluição. Poluição recente está associada a nitrogênio orgânico ou amônia, enquanto poluição mais remota está associada a nitrato; 2. Caracterização das águas residuárias brutas e tratadas.
Fósforo (mg/l)	O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fosfato orgânico. Os ortofosfatos podem ser metabolizados diretamente nos processos biológicos. Os polifosfatos são moléculas mais complexas, necessitando conversão a formas mais simples para a metabolização.	O fosfato é um elemento indispensável ao crescimento dos microrganismos para o tratamento de esgoto, porém quando em excesso nos corpos hídricos, pode conduzir a um crescimento exagerado de algas ocasionando o processo denominado de eutroficação.	1. Caracterização de corpos de água; 2. Caracterização das águas residuárias brutas e tratadas
Oxigênio dissolvido (mg/l)	O oxigênio dissolvido (OD) é essencial aos organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica presente no esgoto, as bactérias fazem uso de oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo causar a redução de sua concentração no meio. Essa redução de sua concentração pode ocasionar a morte de diversos seres quáticos, inclusive peixes.	Por ser de vital importância aos seres aquáticos aeróbios, OD é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição nas águas por despejos orgânicos. Valores de OD significativamente inferiores à saturação são indicativos da contaminação dos corpos hídricos por matéria orgânica, provavelmente de esgoto. OD<5 morte de peixes exigentes. OD<2 morte de todos os peixes.	1. Caracterização de corpos de água; 2. Controle da operação de estações de tratamento de esgoto (digestão aeróbica).
Matéria orgânica (mg/l DBO) (mg/l DQO)	Os principais componentes orgânicos são as proteínas, os carboidratos, as gorduras e óleos, além da uréia, surfactantes, fenóis, entre outros. As matérias carbonáceas dividem-se em dois grupos: biodegradáveis e não biodegradáveis, podendo estar em suspensão e dissolvida. Por isto, existe dificuldade na determinação laboratorial da matéria orgânica. Sua medida é usualmente feita por métodos indiretos, pelo potencial em consumir oxigênio: Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)	A matéria orgânica presente no esgoto ocasiona o principal problema de poluição dos cursos hídricos: o consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Assim a DBO retrata de forma indireta o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo de água, sendo, portanto um indicador do potencial de consumo de oxigênio dissolvido. A DBO é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo de água.	1. Caracterização de corpos de água; 2. Caracterização das águas residuárias brutas e tratadas.
Bactérias do grupo coliforme	As bactérias coliformes não são patogênicas, mas dão uma indicação significativa de quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou animais e por isto sua potencialidade de transmitir doenças.	Esse grupo de bactéria existe em grande quantidade nas fezes dos animais Com isto, a probabilidade de que sejam detectadas após a diluição é incomparavelmente superior aos organismos patogênicos.	1. Caracterização de corpos de água; 2. Caracterização das águas residuárias brutas e tratadas.

Fonte: Von Sperling, 1996

5.3. A Eficiência Técnica do Tratamento de Esgoto Sanitário

O tratamento de efluentes tem como objetivo a remoção dos poluentes, de forma a adequar o lançamento a uma qualidade desejada do meio receptor ou ao padrão de qualidade vigente associada aos conceitos do nível e eficiência do tratamento. Quanto ao nível, o tratamento de esgotos é classificado em: preliminar, primários, secundário e terciário (VON SPERLING, 1996).

Em cada nível objetiva-se a remoção das impurezas com características físicas, químicas e biológicas, usualmente, encontrados nos efluentes (detalhadas na subseção 5.2.). No tratamento preliminar ocorre a remoção de sólidos grosseiros em suspensão que precipitam (matérias de maiores dimensões e areia), ou ainda sólidos flutuantes. Neste nível existe a predominância de mecanismos físicos de remoção.

No tratamento primário ocorre a remoção de sólidos sedimentáveis, incluindo-se aí a parte sedimentável da matéria orgânica em suspensão. Neste nível existe a predominância de mecanismos físicos, muito embora eles possam ocorrer associados aos mecanismos químicos (adsorção).

O tratamento secundário visa à remoção da matéria orgânica e, eventualmente, de nutrientes. Neste nível existe a predominância de mecanismos biológicos, muito embora para o aumento da eficiência do tratamento geralmente eles são associados a mecanismos físicos.

O tratamento terciário visa à remoção complementar de poluentes não removidos em nível desejado no tratamento secundário ou também a remoção de nutrientes, poluentes tóxicos ou compostos não biodegradáveis. Por fim, o nível terciário pode objetivar ainda a redução de microorganismos patogênicos.

O grau, porcentagem ou eficiência de remoção de determinado poluente no tratamento ou em uma etapa do mesmo é dado pela fórmula 1.1:

$$E = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \quad (1.1)$$

Onde:

E = eficiência de remoção (%)

C_o = concentração afluente do poluente (mg/l)

C_e = concentração efluente do poluente (mg/l)

A eficiência técnica dos diferentes tipos de tratamento (preliminar, primária, secundária e terciária) do esgoto gerado e seus poluentes (matéria orgânica, sólidos, nutrientes e bactérias) é mensurada considerando o percentual de remoção do DBO para matéria orgânica; dos sólidos em suspensão; dos nutrientes e bactérias detalhados na tabela 3.

Tabela 3 - Eficiência de remoção de poluentes por tipo de tratamento

EFICIÊNCIA TÉCNICA DA REMOÇÃO				
Tipo de tratamento	Matéria orgânica (% remoção DBO)	Sólidos em suspensão (% remoção SS)	Nutrientes (% remoção nutrientes)	Bactérias (% remoção)
Preliminar	5 - 10	5 - 20	Não remove	10 - 20
Primária	25 - 50	40 - 70	Não remove	25 - 75
Secundária	80 - 95	65 - 95	Não remove	70 - 99
Terciária	40 - 99	80 - 99	Até 99	Até 99,999

Fonte: Manual de Opções para Tratamento de esgotos de pequenas comunidades, CETESB, 1988.

No entanto, estudos desenvolvidos por Von Sperling & Chernicharo (2000) indicam que as tecnologias de tratamento de esgotos empregadas no Brasil são eficientes somente no que se refere à remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Sólidos em Suspensão (SS). Desta forma, não produzem um efluente compatível com os padrões de qualidade exigidos pela legislação, em termos de amônia, nitrogênio, coliformes fecais e, principalmente, fósforo.

O tratamento de esgotos no Brasil atinge, em parte, os objetivos dos países desenvolvidos anteriores à década de 70, pois ainda existe um déficit com relação a soluções para a eliminação de organismos patogênicos (Quadro 6). Por outro lado, os países desenvolvidos já possuem preocupações avançadas com a proteção ambiental e os riscos à saúde pública que se refletem, por exemplo, nos cuidados com o manejo do lodo produzido em estações biológicas de tratamento de esgotos METCALF e EDDY (1991) *apud* SOARES, BERNARDES e NETO (2002).

Quadro 6 - Evolução dos objetivos do tratamento de esgotos em países desenvolvidos

PERÍODO	OBJETIVOS DO TRATAMENTO DE ESGOTOS
Início do século XX até a década de 70	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção de sólidos em suspensão (SS). • Tratamento da matéria orgânica (remoção de DBO e Demanda química de Oxigênio - DQO). • Eliminação de organismos patogênicos
Décadas de 70 e 80	<ul style="list-style-type: none"> • Preocupação principal com aspectos estéticos e ambientais do efluente. • Remoção de DBO, SS e patogênicos continua com níveis mais elevados. • Remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) começa a ser incorporada.
A partir da década de 80	<ul style="list-style-type: none"> • Preocupação com os riscos à saúde relacionados com compostos químicos tóxicos ou potencialmente tóxicos lançados no meio ambiente. • Permanência dos objetivos de melhoria da qualidade da água dos anos anteriores, porém com a mudança de ênfase para a definição e remoção de compostos tóxicos que podem causar efeitos na saúde humana em longo prazo.

Fonte: Metcalf & Eddy (1991) *apud* Soares, Bernardes e Neto (2002).

Sendo assim, as questões relacionadas à qualidade dos recursos hídricos e ao tratamento de esgoto doméstico são temas centrais discutidos para definição estratégias de intervenção governamental, por meio de regulações e formulação de políticas públicas visando promover a universalização dos serviços e minimizar os impactos causados ao meio ambiente e a sociedade.

CAPÍTULO VI

MÉTODOS, PROCEDIMENTOS E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

6.1. Introdução

O presente estudo analisa a relação custo-efetividade para a implantação de sistemas de tratamento de esgoto em cinco municípios do estado de Goiás, pertencentes à Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno - RIDE/DF, com insuficiência ou inexistência da prestação de serviços de esgotamento sanitário. Para tanto foram considerados os custos totais para implantação de dois sistemas de esgotamento sanitário distintos: **PROJETO A:** Sistema de tratamento de esgoto coletivo com infraestrutura e instalações que contempla as etapas de coleta, transporte e tratamento de águas residuárias, comparativamente, a **PROJETO B:** Sistema de tratamento de esgoto individual, com uma estação de tratamento compacta, instalada por domicílio com tratamento do esgoto em reator e filtro anaeróbico com disposição final em solo.

Considerando o longo prazo de retorno em projetos de investimentos de infraestrutura de saneamento, optou-se pelo levantamento de dados, a partir do recorte da população em 2010 com projeção geométrica para 20 anos. Em seguida o levantamento de dados teve foco nas alternativas tecnológicas dos sistemas de tratamento de esgoto considerando o número de habitantes e a relação habitante/domicílio para comparação dos custos privados.

As informações trabalhadas foram geradas a partir de duas diferentes origens de dados: i) as pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), incluindo o Censo Demográfico de 2010, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008 e a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD de 2010, e ii) o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS de 2012.

Para o cálculo da relação custo/efetividade para os sistemas de tratamento de esgoto em estudo foi utilizado o parâmetro de Demanda Química de Oxigênio – DBO alcançada após tratamento do volume de afluente gerado pela população dos municípios que atendem os critérios de seleção e caracterização da amostra detalhada na próxima subseção.

A definição de critérios de seleção, bem como, as pesquisas secundárias realizadas para caracterização da amostra buscou contemplar as diferentes

interfaces entre a dinâmica demográfica e social e suas condições sanitárias, com o objetivo de entender os riscos causados pela ausência na prestação dos serviços de esgotamento sanitário nos municípios elegíveis.

Dada as dificuldades no levantamento de dados oficiais, para os municípios de pequeno porte do estado de Goiás, foram priorizados os municípios, do estado do Goiás, pertencentes a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE/DF), bem como, aqueles que atendam os critérios estabelecidos abaixo, que reforçam a importância deste estudo:

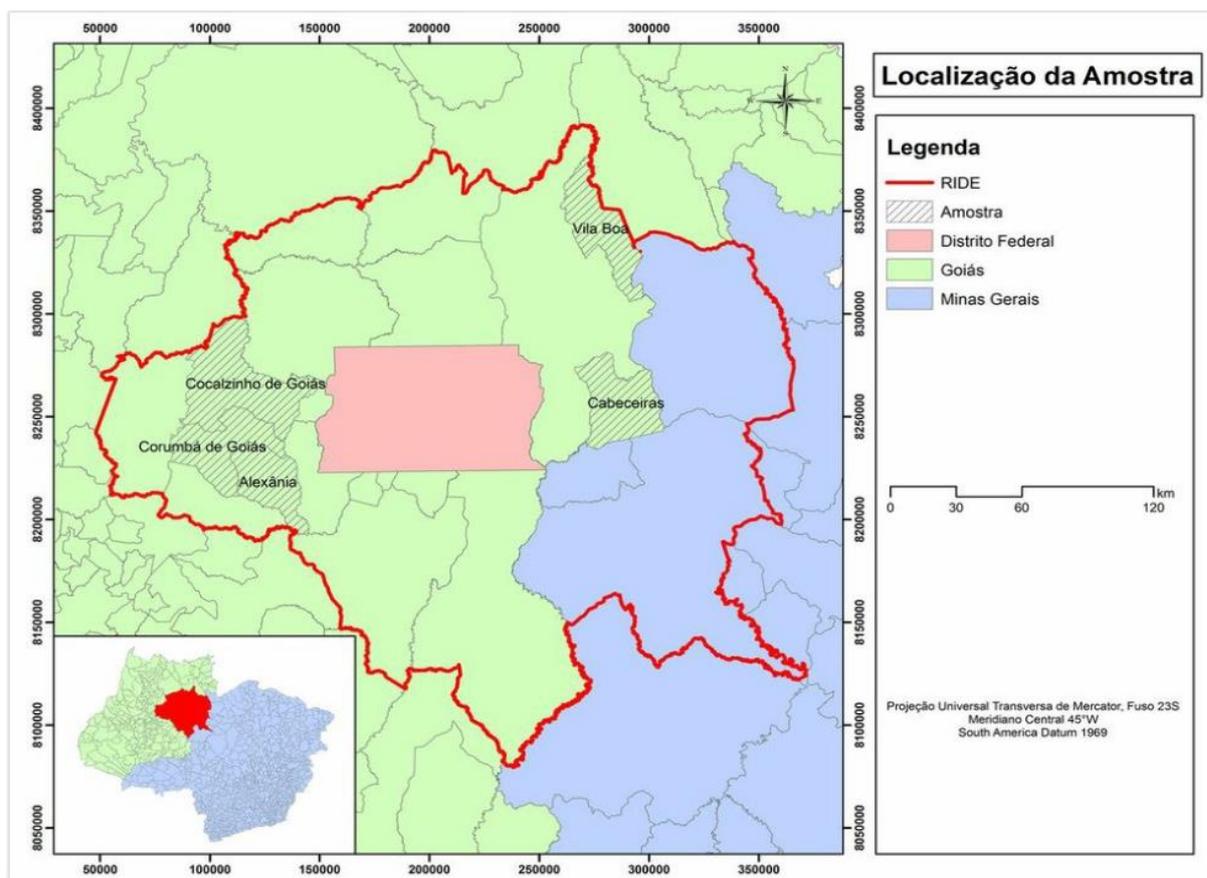
- a) Gestão municipal para serviço de esgotamento sanitário: Os municípios com registros de ausência do fornecimento de serviços públicos e/ou privados de rede de esgotamento sanitário, registrados no Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS, e
- b) Densidade Demográfica: Os municípios com população inferior a 50 mil habitantes conforme registro no Censo Demográfico - 2010 realizado pelo IBGE.

Neste contexto a amostra (Figura 12) foi definida pelos municípios do estado de Goiás: Alexânia, Cabeceiras, Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás e Vila Boa, integrantes da RIDE-DF, não beneficiados com os serviços de esgotamento sanitário.

A partir deste recorte o estudo considerou os domicílios e grupos populacionais residentes nas áreas urbanas para cálculo da demanda pelos serviços de esgotamento sanitário e a partir dessa análise identificar fatores que possam influenciar o tipo de oferta que contribui com a melhoria da qualidade de vida desses grupos populacionais.

Vale destacar aqui a importância na caracterização de um determinado grupo populacional em estudo, em especial, para avaliações de projetos de infraestrutura com impactos socioambientais.

Figura 12 – Localização da Amostra de Municípios em Estudo



Fonte: elaborado pela autora

Conforme a estrutura denominada de Forças motrizes / Pressão / Estado / Impacto/ Resposta – FPEIR (Apêndice 1) as variáveis sócio-demográficas (Força-Motrizes) e a intensificação das atividades humanas provocam impactos sobre o meio ambiente (Pressões) tais como a emissão de poluentes, geração de resíduos, contaminação de áreas e degradação ambiental; as quais podem afetar suas características iniciais (estado), o que, por sua vez, poderá acarretar externalidades (impactos) à saúde humana e aos ecossistemas, exigindo dos governos a formulação de políticas públicas, na forma de medidas (Respostas) que visam reduzir as pressões diretas ou os efeitos indiretos causados ao meio ambiente e a sociedade.

6.2. Dinâmica Demográfica e Social

O estudo da dinâmica demográfica da população desses municípios tem especial importância, uma vez que os aspectos relacionados ao tamanho, evolução

no tempo, sua composição e características gerais possibilitam a análise da demanda pelos serviços de saneamento, em um determinado momento, bem como avaliar como o impacto do crescimento populacional pode afetar nas decisões políticas para fortalecimento das ações de esgotamento sanitário e a universalização dos serviços à população em estudo.

6.2.1. População Total

Os dados populacionais (Tabela 4) referentes aos municípios, delimitadas neste estudo, registrou uma população total de 63.671 habitantes onde 65% da população localizadas em área urbana e 35% em área rural (IBGE Censo Demográfico, 2010).

Tabela 4 - População residente, por situação do domicílio, segundo os municípios – Goiás/GO

Município	População residente	População Urbana	População Rural	% da População Urbana	% da População Rural
Alexânia	23.814	19.676	4.138	83%	17%
Cabeceiras	7.354	5.505	1.849	75%	25%
Cocalzinho de Goiás	17.407	6.444	10.963	37%	63%
Corumbá de Goiás	10.361	6.416	3.945	62%	38%
Vila Boa	4.735	3.502	1.233	74%	26%
TOTAIS	63.671	41.543	22.128	65%	35%

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010.

6.2.2. Projeção Geométrica

Para a projeção geométrica da população urbana foi estabelecido um horizonte de 20 anos, tempo mínimo considerado pela literatura para retorno de investimentos de infraestrutura urbana, tendo como t_0 o ano de 2010 e t_{20} o ano de 2030. Para o cálculo da projeção populacional foi considerado a taxa geométrica de crescimento anual da população residente, tendo como referência, para a região do Centro-oeste, o percentual de 1,91% utilizado pelo IBGE no censo de 2010 resultando em um acréscimo de 46% da população (Tabela 5) considerando os 20 anos para implantação do projeto.

Tabela 5 - Projeção Populacional – População Urbana - Amostra de Municípios do Estado De Goiás

ANO	POPULAÇÃO URBANA				
	Alexânia	Cabeceiras	Cocalzinho de Goiás	Corumbá de Goiás	Vila Boa
2010	19.676	5.505	6.444	6.416	3.502
2011	20.052	5.610	6.567	6.539	3.569
2012	20.435	5.717	6.693	6.663	3.637
2013	20.825	5.826	6.820	6.791	3.707
2014	21.223	5.938	6.951	6.920	3.777
2015	21.628	6.051	7.083	7.053	3.849
2016	22.041	6.167	7.219	7.187	3.923
2017	22.462	6.285	7.357	7.325	3.998
2018	22.891	6.405	7.497	7.464	4.074
2019	23.329	6.527	7.640	7.607	4.152
2020	23.774	6.652	7.786	7.752	4.231
2021	24.228	6.779	7.935	7.900	4.312
2022	24.691	6.908	8.086	8.051	4.395
2023	25.163	7.040	8.241	8.205	4.479
2024	25.643	7.175	8.398	8.362	4.564
2025	26.133	7.312	8.559	8.522	4.651
2026	26.632	7.451	8.722	8.684	4.740
2027	27.141	7.594	8.889	8.850	4.831
2028	27.659	7.739	9.059	9.019	4.923
2029	28.187	7.886	9.232	9.191	5.017
2030	28.726	8.037	9.408	9.367	5.113
Crescimento populacional no período (%)	46%	46%	46%	46%	46%

Fonte: Elaborado pela autora

6.2.3. Número de Domicílios

A demanda pelos serviços de esgotamento sanitário e os custos de implantação de um projeto de infraestrutura foram calculados considerando o número de domicílios, uma vez que a rede geral ou solução individual de tratamento de esgoto é aplicável em habitações com um ou mais moradores.

Para definição do número de domicílios para os municípios da amostra foi utilizado a média de 3,1 hab/dom estabelecido para a região Centro-Oeste, pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA do Ministério das Cidades,

aplicados ao ano to (2010) e a respectiva projeção geométrica para o período de 20 anos da população urbana (tabela 6).

Tabela 6 – Projeção domicílios por habitante – População Urbana - Amostra de Municípios – Goiás

ANO	NÚMERO DE DOMICÍLIOS/hab População Urbana				
	Alexânia	Cabeceiras	Cocalzinho de Goiás	Corumbá de Goiás	Vila Boa
2010	6.149	1.720	2.014	2.005	1.094
2011	6.266	1.753	2.052	2.043	1.115
2012	6.386	1.787	2.091	2.082	1.137
2013	6.508	1.821	2.131	2.122	1.158
2014	6.632	1.856	2.172	2.163	1.180
2015	6.759	1.891	2.214	2.204	1.203
2016	6.888	1.927	2.256	2.246	1.226
2017	7.019	1.964	2.299	2.289	1.249
2018	7.154	2.001	2.343	2.333	1.273
2019	7.290	2.040	2.388	2.377	1.298
2020	7.429	2.079	2.433	2.423	1.322
2021	7.571	2.118	2.480	2.469	1.348
2022	7.716	2.159	2.527	2.516	1.373
2023	7.863	2.200	2.575	2.564	1.400
2024	8.013	2.242	2.624	2.613	1.426
2025	8.167	2.285	2.675	2.663	1.454
2026	8.323	2.328	2.726	2.714	1.481
2027	8.481	2.373	2.778	2.766	1.510
2028	8.643	2.418	2.831	2.818	1.538
2029	8.809	2.464	2.885	2.872	1.568
2030	8.977	2.512	2.940	2.927	1.598

Fonte: Elaborado pela autora

6.3. Densidade Demográfica

Em 2008 do total de 5.564 municípios, 4.511 (81,1%,) tinham população até 50 mil habitantes e baixa densidade demográfica. Nessa classe populacional, concentra-se um grande número de municípios preponderantemente rurais e com população mais dispersa (densidade demográfica menor que 80 habitantes por km²), o que acarreta maior dificuldade de fornecimento dos serviços de coleta de esgoto (BRASIL, 2008). Do total de municípios que compõem o diagnóstico desta pesquisa observa-se que todos os cinco municípios possuem uma densidade demográfica inferior a 80 habitantes km² (Tabela 7).

Tabela 7 – Densidade Demográfica – População Urbana - Amostra de Municípios do Estado De Goiás

Municípios	Área da unidade territorial (km ²)	População Total	População Urbana		Densidade Demográfica
			Nr. hab.	%	
Alexânia	848	23.814	19.676	83%	28,09
Cabeceiras	1.128	7.354	5.505	75%	6,52
Cocalzinho de Goiás	1.789	17.407	6.444	37%	9,73
Corumbá de Goiás	1.062	10.361	6.416	62%	9,76
Vila Boa	1.060	4.735	3.502	74%	4,47

Fonte: DADOS SIDRA - IBGE, 2010, elaborado pela autora

6.3.1. Índice de Desenvolvimento Humano – IDH_M

A relação entre saneamento e desenvolvimento econômico é bastante clara. Em geral, países com mais elevado grau de desenvolvimento apresentam menores carências de atendimento de suas populações por serviços de saneamento. Ao mesmo tempo, países com melhores coberturas por saneamento têm populações mais saudáveis, o que por si só constitui um indicador de nível de desenvolvimento (HELLER, 1998).

O IDH – Índice de Desenvolvimento Humano, desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, apresenta um valor que varia entre zero e um e compõe-se de três fatores: expectativa de vida, conhecimento

(alfabetização e instrução) e padrão de vida (produto doméstico bruto per capita) e são utilizados como índices para medir o crescimento econômico e a qualidade de vida de regiões ou países.

O estado de Goiás possui 246 municípios e ocupa a 8ª posição dentre os estados brasileiros com um IDH de 0,735. Ao se comparar, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDH_M dos municípios da amostra em estudo, com a capital do estado de Goiás (Tabela 8), observa-se que estes municípios estão na faixa de (0,5 < IDH < 0,8) classificados como médio com classificação muito abaixo da média do estado apontam a vulnerabilidade da população frente a ausência dos serviços adequados de esgotamento sanitário.

Tabela 8 – Classificação IDH_M – Amostra de Municípios - Goiás

Classificação Estadual	Município	IDH_M	Avaliação por faixa
1º	Goiânia (GO)	0,799	Alto
176º	Alexânia (GO)	0,682	Médio
180º	Corumbá de Goiás (GO)	0.680	Médio
198º	Cabeceiras (GO)	0.668	Médio
214º	Cocalzinho de Goiás (GO)	0.657	Médio
228º	Vila Boa (GO)	0.647	Médio

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2010 - PNUD

6.4. Condições Sanitárias

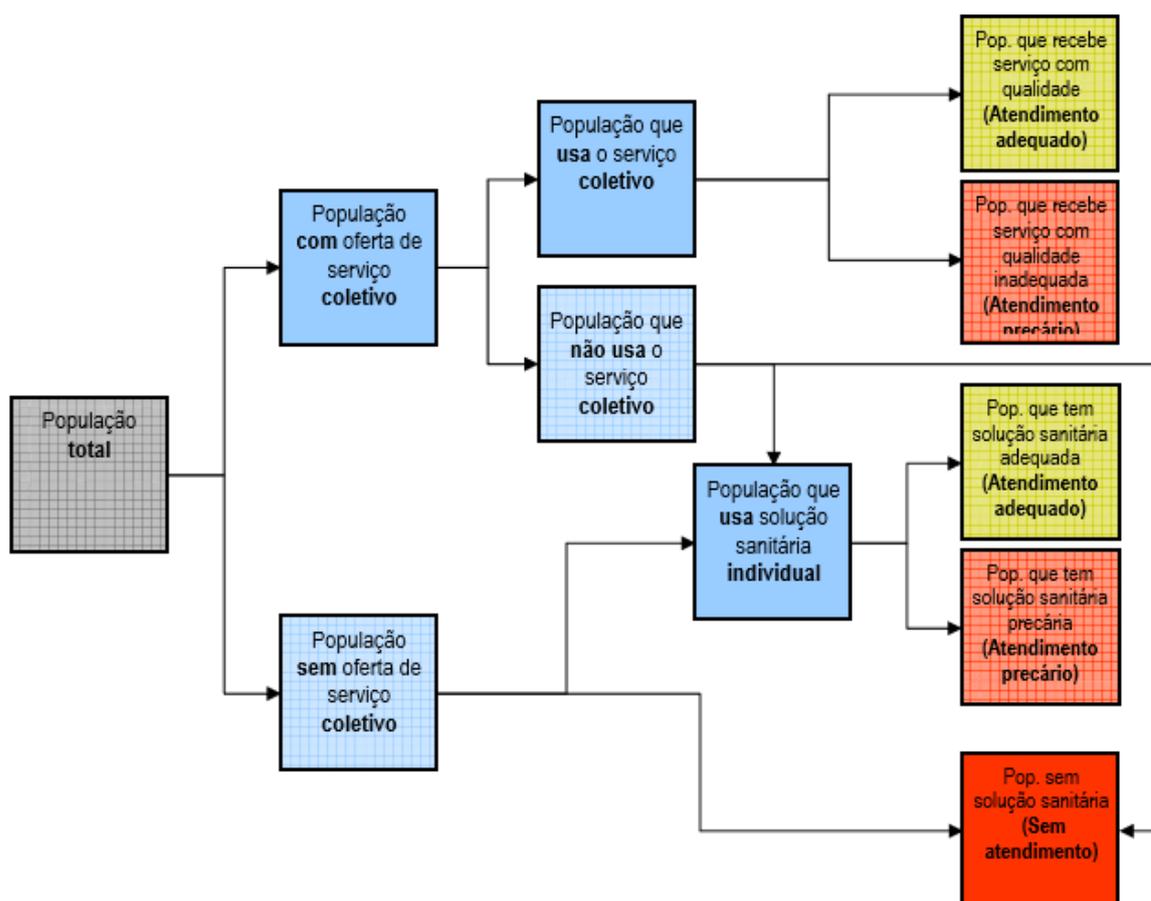
Para caracterização das condições sanitárias dos municípios da amostra em estudo foi utilizado o conceito de déficit em saneamento básico adotado pelo PLANSAB (Figura 13), que permitiu uma análise quantitativa, considerando tanto a população que tem **solução sanitária precária**, quanto a população **sem solução sanitária**.

Adicionalmente, foi realizado o levantamento de dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2008) onde foi registrado inexistência de gestão municipal de saneamento básico tanto nas formas de rede coletora, quanto em contratos de

consórcio intermunicipal/estadual para os serviços de esgotamento sanitário, nos cinco municípios da amostra em estudo.

Tal situação também foi refletida no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2012) que consolidou os dados operacionais da empresa Saneamento de Goiás SA–SANEAGO e registrou o percentual “nulo” tanto para o Índice de Atendimento com Rede de Esgotos (In056) quanto para o Índice de Tratamento de Esgotos (In016) nos mesmos municípios da amostra.

Figura 13 - Conceito de déficit em saneamento básico adotado no Plansab



Fonte: PLANSAB (2013)

Os dados oficiais relativos às condições sanitárias dos municípios em estudo são relativos ao ano de 2000 e foram levantados a partir das informações disponíveis no Caderno de Informações de Saúde, do Departamento de Informática do SUS - DATASUS, consolidados a partir do Censo Demográfico 2000– IBGE. A

partir desta referência, foi realizado o levantamento de dados sobre o tipo de esgotamento sanitário por município apresentados na (Tabela 9).

Este censo registrou dados inferiores a 1% de atendimento à população sob a forma de rede geral de esgoto ou pluvial para os municípios de Alexânia, Cabeceiras, Cocalzinho de Goiás e Vila Boa e de 7,23% em Corumbá de Goiás. Vale destacar que os percentuais são muito baixos e, provavelmente, houve uma interpretação equivocada por parte do entrevistador ou do entrevistado quando obteve as respostas na pergunta que buscava identificar o tipo de atendimento à população.

Adicionalmente, pode-se inferir que dentre os municípios da amostra com maior concentração urbana são: Alexânia e Cocalzinho de Goiás, onde mais de 90% da população de cada município utilizam fossa rudimentar para estocar os dejetos gerados. Para os municípios de Corumbá de Goiás e Vila Boa esse índice alcança o percentual de 85,85%. Já o município de Cabeceiras além do elevado número de habitantes que utilizam fossa rudimentar, os dados ainda chamam atenção para 10,47% da população urbana vulnerável à exposição direta ao esgoto produzido, sendo este depositado em valas, rio ou lago.

Tais dados representam o alto risco de contaminação dos recursos hídricos, bem como, riscos de doenças de veiculação hídrica, principalmente quando são instaladas próximas a poços e conclui-se que as cargas orgânicas de origem doméstica dos municípios não possuem nenhum tipo de tratamento, fazendo com que a carga poluidora potencial seja igual à carga remanescente.

Tabela 9 – Situação por Tipo de Instalação Sanitária – População urbana - Municípios – Goiás

Município	População Urbana Censo 2000	Rede geral de esgoto ou pluvial	%	Fossa séptica	%	Fossa rudimentar	%	Vala, Rio Lago, mar ou outro	%	Não tem instalação sanitária	%	Total por tipo	%
Alexânia	15.935	75	0,47	275	1,73	15.171	95,68	25	0,16	310	1,96	15.856	100
Cabeceiras	4.904	2	0,04	45	0,92	4.205	85,85	513	10,47	133	2,72	4.898	100
Cocalzinho de Goiás	6.000	54	0,90	125	2,09	5.398	90,28	72	1,20	330	5,52	5.979	100
Corumbá de Goiás	5.597	400	7,23	219	3,96	4.201	75,94	124	2,24	588	10,63	5.532	100
Vila Boa	2.702	8	0,30	142	5,29	2.232	83,19	26	0,97	275	10,25	2.683	100

Fonte: Censo Demográfico, 2010 – IBGE (adaptado pela autora)

6.4.1. Carga Orgânica Potencial Poluidora

Os esgotos domésticos caracterizam-se pela grande quantidade de matéria orgânica biodegradável, responsável por significativa depleção do oxigênio nos cursos de água, como resultado da estabilização pelas bactérias. Esses efluentes líquidos apresentam ainda nutrientes e organismos patogênicos, que podem causar efeitos deletérios no corpo receptor, dificultando, ou mesmo inviabilizando, o seu uso para outro fim.

A quantificação dos poluentes biodegradáveis é apresentada em termos de carga orgânica, expressa pela Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO é representada pela massa bruta em quilogramas de volume de esgoto gerada pela população. As cargas orgânicas potenciais por município (Tabela 10) foram calculadas com base na população urbana residente, adotando-se uma média teórica de 54 g DBO₅/habitante/dia dado na NBR 9649 – Projetos de redes coletoras de esgoto sanitário.

Tabela 10 – Carga Orgânica Potencial Poluidora por Município – População Urbana

Descrição	Alexânia	Cabeceiras	Cocalzinho de Goiás	Corumbá de Goiás	Vila Boa	Totais
Número de habitantes	23.814	7.354	17.407	10.361	4.735	63.671
População Urbana	19.676	5.505	6.444	6.416	3.502	41.543
Taxa de urbanização (%)	83	75	37	62	74	
Área da unidade territorial (km ²)	847.893	1.127.605	1.789.039	1.061.955	1.060.172	
Densidade demográfica (hab.km ²)	28,09	6,52	9,73	9,76	4,47	
Carga Urbana poluidora domiciliar potencial (kg DBO.dia ⁻¹)	1.063	297	348	346	189	2.243

Fonte: Censo Demográfico, 2010 – IBGE,

Tais dados representam uma carga orgânica total de 2.243 kg/dia gerada pela população composta por 41.543 habitantes que representa mais de 800 toneladas/ano que passam pelo processo de depuração, sem tratamento adequado, gerando impactos negativos à população e ao meio ambiente.

6.5. Custos de Investimento

Para utilização da ACE foi estabelecida a comparação de duas formas diferentes de sistemas para tratamento de esgoto sanitário, evidenciando qual é mais custo-efetivo. Neste caso, a medida de eficiência técnica foi definida como sendo as taxas de redução da poluição expressas em percentual DBO e o investimento mensurado pelos custos para infraestruturas de estações de tratamento de esgoto sanitário. Os resultados relativos aos custos detalhados de cada município da amostra podem ser visualizados nos Anexos 1 a 10 para os dois projetos em estudo.

Para o Sistema de Esgotamento Sanitário – ETE Convencional do “Projeto A” foram considerados os custos dos componentes para um projeto de infraestrutura de saneamento (Quadro 7), por faixa de número de domicílios (3,1 hab/dom) e, suas respectivas faixas de demanda por intervenção, para a região Centro-Oeste, estabelecido na Nota Técnica N° 492/2010 produzida pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA do Ministério das Cidades.

Quadro 7 - Custos dos componentes para um sistema de tratamento de esgoto coletivo (Região Centro-Oeste)

DISCRIMINAÇÃO	R\$/HABITANTE	NÚMERO DE DOMICÍLIOS (3,1 hab/Dom)
Ligação Domiciliar	98,00	Qualquer
Coleta	719,00	1.001 < D > 2.000
	624,00	2.001 < D > 4.000
	471,00	6.001 < D > 10.000
Extensão da Rede Coletora + Interceptor	100,00	1.001 < D > 4.000
	110,00	6.001 < D > 10.000
Estação de Tratamento	742,00	1.001 < D > 2.000
	537,00	2.001 < D > 4.000
	180,00	6.001 < D > 10.000

Fonte: Elaborado pela autora

Os valores nominais que compõem o custo inicial no ano t0 para o Projeto A dos municípios da amostra em estudo equivale a um custo total de R\$ 74.894.869 (Tabela 11) correspondente a uma população de 63.671 habitantes.

Tabela 11 – Custo inicial para instalação de sistema de tratamento de esgotos – Projeto A (R\$/domicílio)

Município	População residente - 2010	População Urbana - 2010	Nr. de Domicílios (pop. Urbana)	CUSTO EQUIPAMENTO POR DOMICILIO				
				Custo médio Ligação domiciliar (R\$/Habitante)	Custo Coleta (R\$/Habitante)	Custo Extensão de Rede de Coleta (R\$/METRO)	Custo Estação de Tratamento (R\$/Habitante)	Custos Totais
Alexânia	23.814	19.676	6.347	1.928.248	9.267.396	15.150.520	3.541.680	29.887.844
Cabeceiras	7.354	5.505	1.776	539.490	3.958.095	3.853.500	4.084.710	12.435.795
Cocalzinho de Goiás	17.407	6.444	2.079	631.512	4.021.056	4.510.800	3.460.428	12.623.796
Corumbá de Goiás	10.361	6.416	2.070	628.768	3.021.936	4.940.320	3.445.392	12.036.416
Vila Boa	4.735	3.502	1.130	343.196	2.517.938	2.451.400	2.598.484	7.911.018
TOTAIS	63.671	41.543	13.402	4.071.214	22.786.421	30.906.540	17.130.694	74.894.869

Fonte: Elaborada pela autora

Para garantir uma fiel relação custo-efetivo também foi utilizada a referência de 3,1 habitantes/domicílio, para a região Centro-Oeste, estabelecido na Nota Técnica Nº 492/2010 disponibilizada pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA (BRASIL, 2010).

Para cálculo dos custos dos componentes para instalação do sistema compacto de esgotamento sanitário do “Projeto B” foram utilizados os dados fornecidos pela empresa detentora da tecnologia tipo UASB, conforme detalhado no (Quadro 8).

Quadro 8 - Custos dos componentes para uma estação compacta

DISCRIMINAÇÃO	R\$/DOMICÍLIO (3,1 hab/dom)
Caixa de Gordura	224,00
Caixa Gradeada	224,00
Reator de 1.000 Lts	1.617,00
Sumidouro	1.056,00
Custos Operacionais de Instalação Unitário	890,00

Fonte: Dados fornecidos pelo fabricante

Os valores nominais que compõem o custo inicial no ano t0 para o Projeto B dos municípios da amostra em estudo equivale a um custo total de R\$ 53.751.282 (Tabela 12) correspondente a uma população de 63.671 habitantes.

Tabela 12 - Custo inicial para instalação de sistema de tratamento de esgotos – Projeto B (R\$/domicílio)

Município	População residente - 2010	População Urbana - 2010	Nº de Domicílios (pop. Urbana)	CUSTO EQUIPAMENTO POR DOMICILIO					
				Caixa de Gordura	Caixa Gradeada	Reator de 1.000 Lts	Sumidouro	Custos Operacionais de Instalação Unitários	Custos Totais
Alexânia	23.814	19.676	6.347	1.421.750	1.421.750	10.263.255	6.702.534	5.648.916	25.458.205
Cabeceiras	7.354	5.505	1.776	397.781	397.781	2.871.479	1.875.252	1.580.468	7.122.760
Cocalzinho de Goiás	17.407	6.444	2.079	465.631	465.631	3.361.274	2.195.117	1.850.052	8.337.705
Corumbá de Goiás	10.361	6.416	2.070	463.608	463.608	3.346.668	2.185.579	1.842.013	8.301.476
Vila Boa	4.735	3.502	1.130	253.048	253.048	1.826.688	1.192.939	1.005.413	4.531.136
TOTAIS	63.671	41.543	13.401	3.001.817	3.001.817	21.669.365	14.151.422	11.926.861	53.751.282

Fonte: Elaborada pela autora

6.6. Taxa de correção financeira dos investimentos

O modelo proposto enfoca apenas custos. Desta forma, para o cálculo do valor presente líquido (VPL), foi considerada a taxa de Juros de Longo Prazo – TJLP como taxa de desconto utilizada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social– BNDES para financiamento de projetos de infraestrutura, ano base 2010, de $i = 6\%$ ao ano. A Tabela 13 apresenta os valores nominal e presente líquido (VPL) acumulados por município da amostra em estudo.

Tabela 13 - Valores acumulados (nominal e presente) – Projetos A e B – Municípios da Amostra

MUNICÍPIO	VALOR NOMINAL ACUMULADO (20 ANOS)		VALOR PRESENTE LÍQUIDO	
	PROJETO A	PROJETO B	PROJETO A	PROJETO B
Alexânia	50.331.449	38.607.203	41.195.861	32.657.036
Cabeceiras	18.155.557	10.801.619	15.599.580	9.136.866
Cocalzinho de Goiás	19.319.191	12.644.075	16.327.235	10.695.362
Corumbá de Goiás	18.702.719	12.589.135	15.723.763	10.648.889
Vila Boa	11.549.639	6.871.439	9.923.656	5.812.408

Fonte: Elaborado pela autora

6.7. Eficiência Técnica expressa em percentual de DBO

A taxa de eficiência técnica para redução da poluição de esgoto, em uma unidade do processo, depende da vazão submetida ao tratamento, ou seja, depende da carga orgânica aplicada ao processo. Para simplificação da modelagem, foram utilizadas as taxas de eficiência técnica de redução da poluição, expressas em % DBO (Tabela 14). Para o “Projeto A” foi considerado as referências de um projeto no município de Rio Verde no estado de Goiás citadas por Jardim Junior (2006); para o “Projeto B” foi utilizada a média dos resultados obtidos a partir dos testes laboratoriais dos boletins de análise e atestados de capacidade técnica, emitida por órgãos oficiais, para a empresa detentora da tecnologia.

Tabela 14 - Eficiência de Remoção (%)

Sistema de Tratamento	Fase de Tratamento	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO (%)				
		DBO (mg/l) afluente	DBO (mg/l) efluente	Eficiência na fase %	Eficiência agregada %	Eficiência acumulada %
ETE	Lagoa anaeróbica	232	93	60	60	60
	Lagoa Facultativa	93	38	60	24	84
	Lagoa Maturação	38	28	26	4	88
TECNOLOGIA ALTERNATIVA	Reator Anaeróbico - UASB	2000	141	93	93	87

Fonte: Adaptado pela autora

A partir deste levantamento foi estabelecido como medida de efetividade para cálculo da ACE a eficiência técnica de 88% para o Projeto A e de 87% para o Projeto B utilizadas na subseção 6.8 deste capítulo.

6.8. Desenvolvimento da Análise Custo-Efetividade (ACE)

A análise custo-efetividade compara os custos com os objetivos a serem alcançados por dois ou mais projetos e indica aquele que mais contribui para a melhoria do bem-estar da população. Esta seção estabelece a relação custo-efetividade para os projetos A e B onde são comparados os custos acumulados, ao longo de 20 anos e a taxa redução do DBO (eficiência técnica) indicada nos projetos em estudo para implantação de um sistema de tratamento de esgoto.

Os resultados obtidos para a Análise Custo-Efetividade (Tabela 15) para os projetos A e B demonstram que o “Projeto B” é mais custo-efetivo que o “Projeto A” para todas as cidades em estudo.

Tabela 15 - Análise Custo-Efetividade – Projetos A e B – Municípios da Amostra

Município	População Urbana - 2010	Custo Líquido (20 anos)		Eficiência Técnica		ACE	
		Projeto A	Projeto B	Projeto A	Projeto B	Projeto A	Projeto B
Alexânia	19.676	41.195.861	32.657.036	0,88	0,87	46.813.478	37.536.823
Cabeceiras	5.505	15.599.580	9.136.866	0,88	0,87	17.726.795	10.502.145
Cocalzinho de Goiás	6.444	16.327.235	10.695.362	0,88	0,87	18.553.676	12.293.519
Corumbá de Goiás	6.416	15.723.763	10.648.889	0,88	0,87	17.867.912	12.240.102
Vila Boa	3.502	9.923.656	5.812.408	0,88	0,87	11.276.882	6.680.929

Fonte: Elaborado pela autora

Dentre os resultados apresentados pode-se inferir que o “Projeto B” é 40,76% mais custo-efetivo em relação ao Projeto A nas cidades de Cabeceiras/GO e Vila Boa/GO cujas populações urbanas são inferiores a 6 mil habitantes e, respectivamente, com 33,74% e 31,50% mais custo-efetivo nas cidades de Cocalzinho de Goiás e Corumbá com populações urbanas superiores a 6 mil habitantes. No entanto, observa-se que para a cidade de Alexânia/GO cuja população é superior a 10 mil habitantes a relação custo-efetivo representa apenas 25% mais vantajoso em relação ao “Projeto A”.

Tais resultados demonstram que a relação custo-efetividade é sensível ao tamanho da população onde a variação do resultado da ACE entre os dois projetos é, significativamente, menor para municípios até 6.500 habitantes. Tal resultado nos permite inferir que há uma relação inversamente proporcional entre população e custo-efetividade dos projetos, ou seja, quanto maior a população menor a relação custo/efetivo dos projetos.

6.9. Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade permite ao pesquisador observar variáveis que representam pontos críticos e que podem gerar algum grau de incerteza. Permite também analisar o que será relevante como, por exemplo, indicar a necessidade de se fazer uma coleta de dados mais precisa e/ou ampla, visando dar consistência à análise, bem como, definir uma estratégia que tenha um menor custo para atingir o padrão (efetividade) desejado. Com os resultados obtidos na análise de sensibilidade é possível minimizar o grau de incerteza (riscos) dos projetos em análise.

Esta subseção apresenta os resultados da análise de sensibilidade, considerando constante, a relação custo-efetividade da ACE, no período de 20 anos, para o “Projeto A” (linha de base), comparativamente, ao “Projeto B”. Para tanto foi selecionado dos parâmetros para aplicar a análise de sensibilidade: a) a taxa de desconto e b) a eficiência técnica, conforme detalhado a seguir:

6.9.1 – Análise de Sensibilidade -Taxa de Projeção da População

Os municípios que compreendem o recorte espacial da Ride/DF apresentam uma distinta relação de dependência com o seu núcleo polarizador que é Brasília no que se refere ao mercado de trabalho, estudo, equipamentos públicos e relações comerciais. Dados censitários de 200 e 2010 revelam que as populações dos municípios da amostra em estudo vêm apresentando ao longo dos anos diferentes taxas de crescimento populacional.

No período de 2000/2010, a Ride/DF registrou uma taxa de crescimento anual da sua população de 2,33%, bastante próxima à taxa do DF, 2,28% ao ano. Neste período tanto a Ride/DF, quanto o DF apresentaram taxas mais elevadas que as do estado de Goiás, 1,84%, do Centro-Oeste, 1,91% e do Brasil, 1,17%.

Neste contexto, para realização da análise de sensibilidade que compreende a variável: “taxa de Projeção da População” os 5 municípios que compõem a amostra em estudo foram divididos em dois grupos distintos. O **Grupo A** compreende os municípios de Alexânia, Cocalzinho de Goiás e Corumbá de Goiás com população superior a 6.000 habitantes; localizados no entorno de Brasília e caracterizados pelo alto grau de dependência do polo central. O **Grupo B** compreende os municípios de Cabeceiras e Vila Boa com população inferior a 5.500 habitantes caracterizados pela baixa polarização e dependência do polo central.

As taxas definidas para realizar a análise de sensibilidade dos grupos A e B compreendem as médias relacionadas a taxa de crescimento populacional estimada pelo IBGE(2010) para o Brasil, a Região Centro-Oeste e taxa média de crescimento populacional para os municípios que compõem os grupos.

Desta forma para o **Grupo A** (Tabela 16) foram utilizadas a taxa Brasil de 1,17% (menor taxa de crescimento populacional), a taxa Centro-Oeste de 1,91% (taxa de crescimento populacional média) e a taxa média para os municípios do **Grupo A** de 2,61% (maior taxa de crescimento populacional). Para o **Grupo B** (Tabela 17) foram utilizadas a taxa Brasil de 1,17% (menor taxa de crescimento populacional), a taxa Centro-Oeste de 1,91% (maior taxa de crescimento populacional) e a taxa média para os municípios do **Grupo B** de 1,8% (taxa de crescimento populacional média).

Tabela 16 - Aplicação da Análise de Sensibilidade – Variável: Crescimento Populacional - Projetos A e B – Municípios da Amostra Grupo A

Município	População Urbana - 2010	Alternativa Projeto A Taxa Crescimento Populacional 1,91	Alternativa Projeto B			
			Taxa Municípios 2,61	Taxa Centro-Oeste 1,91	Taxa Brasil 1,17	Variação entre maior a maior taxa do Projeto B e o Projeto A
Corumbá de Goiás	6.416	17.867.912	13.336.093	12.240.102	11.202.701	25%
Cocalzinho de Goiás	6.444	18.553.676	13.394.293	12.293.519	11.251.591	28%
Alexânia	19.676	46.813.478	40.897.906	37.536.823	34.355.417	13%

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 17 - Aplicação da Análise de Sensibilidade – Variável: Crescimento Populacional - Projetos A e B – Municípios da Amostra Grupo B

Município	População Urbana - 2010	Alternativa Projeto A Taxa Crescimento Populacional 1,91	Alternativa Projeto B			
			Taxa Municípios 1,8	Taxa Centro-Oeste 1,91	Taxa Brasil 1,17	Variação entre maior a maior taxa do Projeto B e o Projeto A
Vila Boa	3.502	11.276.882	6.592.640	6.680.929	6.114.691	42%
Cabeceiras	5.505	17.726.795	10.363.359	10.502.145	9.612.044	42%

Os resultados demonstram que ao se considerar diferentes taxas de crescimento populacional para os municípios do “Projeto B” o mesmo permanece mais custo-efetivo para todos os municípios da amostra em relação ao “Projeto A”. No entanto, por um lado, quanto maior a população dos municípios do “Projeto B” observa-se que a relação custo-efetividade se aproxima, em termos monetários, da relação custo-efetividade do “Projeto A” exigindo uma análise mais criteriosa para garantir a eficiência na implantação de tecnologias alternativas.

Por outro lado destaca-se que os municípios do **Grupo B** com população inferior a 6.000 habitantes o “Projeto B” é 42% mais custo-efetivo comparado ao

“Projeto A” garantindo ao tomador de decisões maior confiabilidade da escolha do projeto.

6.9.2 – Análise de Sensibilidade - Eficiência Técnica

A análise de sensibilidade para a variável “eficiência técnica” considerou uma variação de 12 pontos percentuais a partir da taxa média de 87% do “Projeto B”. Desta forma, foram analisadas as taxas de remoção de DBO relativas a 75% (menor taxa DBO), 87% (taxa média de DBO) e 95% (maior taxa de DBO). Com isso, identificou-se qual o impacto no resultado do valor custo-efetivo destas variações para os municípios da amostra em estudo, comparativamente, ao “Projeto A”.

A análise demonstrou que há sensibilidade nos resultados quando a redução da eficiência técnica passa a ser inferior a 75% (Tabela 18). Isso indica que há necessidade de monitoramento e fiscalização quanto aos padrões atingidos durante a vida útil do projeto a fim de garantir confiabilidade na escolha mais custo-efetivo.

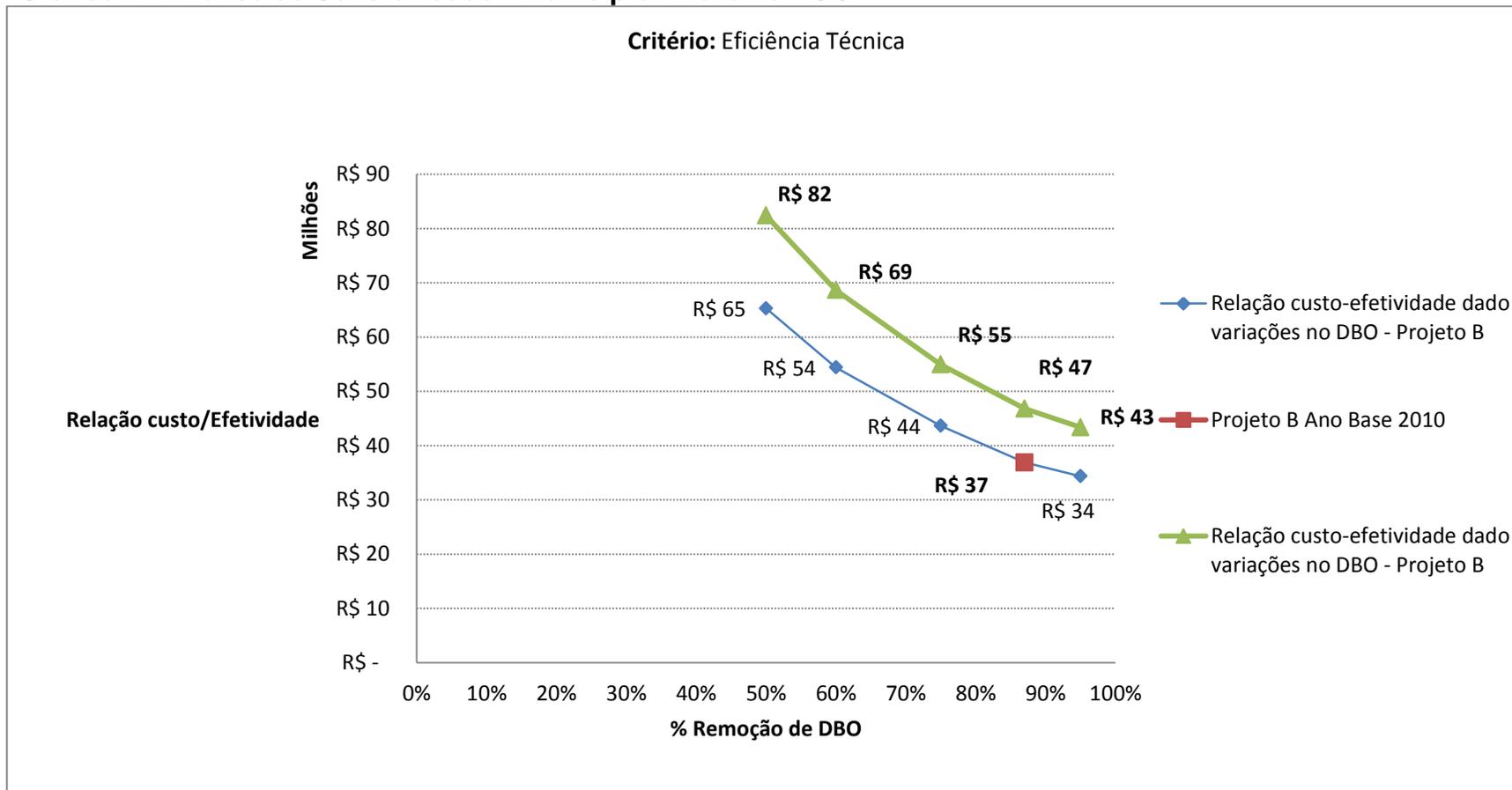
Tabela 18 - Aplicação da Análise de Sensibilidade – Variável: Eficiência Técnica - Projetos A e B – Municípios da Amostra

Município	Alternativa Projeto A 88% DBO	Alternativa Projeto B				
		50% DBO	60% DBO	Menor Taxa 75% DBO	Taxa Média 87% DBO	Maior Taxa 95% DBO
Alexânia	46.813.478	65.314.071	54.428.393	43.659.139	36.914.421	34.361.359
Cabeceiras	17.726.795	18.273.733	15.228.111	12.215.062	10.502.145	9.613.706
Cocalzinho de Goiás	18.553.676	21.390.724	17.825.603	14.298.612	12.293.519	11.253.537
Corumbá de Goiás	17.867.912	21.297.778	17.748.148	14.236.483	12.240.102	11.204.639
Vila Boa	11.276.882	11.624.816	9.687.347	7.770.599	6.680.929	6.115.749

Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico 2 apresenta o comportamento da curva na relação custo-efetivo de Alexânia para variações na taxa de eficiência técnica entre 50% a 95% para os dois projetos em estudo, onde se verifica que quanto menor a eficiência técnica, maior é a relação custo-efetividade dos projetos em análise, para todos os municípios da amostra.

Gráfico 2 - Análise de Sensibilidade - Município: Alexânia - GO



Fonte: Elaborado pela autora

Considerando os resultados da análise comparativa realizada nesta subseção, evidencia-se que, o “Projeto A” demanda maior relação custo-efetividade para atingir o padrão mínimo de 60% de redução do DBO exigido pela legislação ambiental. Sendo, portanto, economicamente menos custo-efetivo em comparação ao “Projeto B”. Este por sua vez, além de atingir uma menor relação custo-efetivo, para o padrão mínimo exigido pela legislação ambiental, se mantém como alternativa viável ao longo de toda curva.

A segunda variável não abordada refere-se aos custos dos componentes associados à mão-de-obra para implantação do sistema de esgotamento sanitário do “Projeto A”. Uma vez que, mensurar tais custos requer aprofundamento do estudo nas condições físicas e ambientais das áreas dos municípios definidos na amostra.

CAPÍTULO VII

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo analisar a custo-efetividade de dois projetos para esgotamento sanitário com tecnologias distintas para cinco municípios do estado de Goiás pertencentes a RIDE-DF, com registro de ausência na cobertura desses serviços. Demonstrou ainda que sistemas de tratamento de esgoto coletivo requer, além do elevado investimento, a implantação de ampla infraestrutura (redes de ligação, transporte e tratamento do esgoto). Em contrapartida, o estudo reconhece a viabilidade econômica da implantação de sistemas com tecnologias alternativas de soluções compactas para coleta e tratamento de esgoto doméstico, para todos os municípios da amostra, conferindo um maior custo-efetivo se comparado com projetos de estação de tratamento de esgoto - ETE convencionais.

Neste contexto, as alternativas tecnológicas, na sua maioria de baixo custo e engenharia simplificada, podem viabilizar o incremento no acesso à população sem tratamento de esgoto; uma melhor qualidade de vida, bem como, uma redução na exposição às doenças causadas pela ausência no tratamento de esgoto.

A ausência de dados oficiais relacionados à qualidade dos rios e mananciais na área de abrangência dos municípios da amostra e custos de manutenção para ETEs convencionais levaram a não inclusão desses dados no presente estudo. Estas variáveis podem conferir maior aproximação à condição ideal de uma ACE para projetos de esgotamento sanitário. A primeira variável que contribuiria para um estudo comparativo entre a situação atual e a situação desejada em termos de eficiência técnica, está ligada ao processo de tratamento de esgoto, que para diluição nos corpos hídricos, deve atender a observação de outros padrões ambientais, tais como, análises na redução de coliformes termotolerantes que representam, em conjunto com o DBO, um dos principais padrões usuais para avaliação da eficiência técnica dos sistemas de tratamento de esgoto. No entanto, esta variável não foi utilizada pela ausência de informações oficiais e inexistência no registro de dados de análise dos corpos hídricos localizados na região dos municípios definidos na amostra.

Historicamente, os investimentos em saneamento e intervenções governamentais, com atuação das prestadoras de serviço, priorizam estações de

tratamento que afastam o esgoto de sua origem, mas em geral não apresentam resultados satisfatórios quanto a melhoria da qualidade da água, uma vez não ocorre o tratamento na totalidade do volume de esgoto coletado. Ainda que tais estruturas representem melhorias urbanísticas com o afastamento do esgoto prejudicial à saúde humana; a falta de coleta integral e de tratamento gera ao meio ambiente um impacto negativo resultando na contaminação dos mananciais e lençóis freáticos.

Ressalta-se ainda que, os efeitos da falta de saneamento vão além das implicações imediatas sobre o meio ambiente, a saúde e a qualidade de vida da população sem acesso aos serviços de coleta e tratamento do esgoto. A relação de causalidade entre as condições inadequadas de saneamento, conservação dos recursos naturais e o quadro epidemiológico são reconhecidos em todo o mundo como fatores determinantes para a saúde pública também no longo prazo.

Os resultados deste estudo apresentam uma contribuição conjunta a, pelo menos, três dimensões da economia: ambiental, social e econômica, possibilitando um maior entendimento das externalidades negativas geradas à sociedade como um todo.

Do ponto de vista ambiental, ao se medir a relação custo-efetivo pode-se conferir a viabilidade de se alcançar metas e padrões de qualidade ambiental, a partir do critério eficiência técnica, potencializando a gestão e conservação dos recursos naturais. Ademais, para a conservação dos recursos naturais, a implantação dos serviços de esgotamento sanitário, por meio de soluções alternativas, pode contribuir para a redução da poluição, que afeta diretamente recursos como solo, ar e água.

Do ponto de vista social, os impactos positivos, mesmo que perceptível a médio ou longo prazo proporcionam melhoria da saúde e bem-estar social à população envolvida no projeto, refletidos a partir da redução de doenças, valorização dos imóveis e melhoria da qualidade de vida dessa população.

Do ponto de vista econômico, registra-se ganhos com a melhor alocação de recursos públicos, conferindo maior eficiência na implantação de políticas públicas, uma vez que a escolha de projetos mais custo-efetivo garante a execução dos serviços com adequada utilização dos limitados recursos financeiros.

Adicionalmente, a avaliação econômica de projetos, com a aplicação da técnica Análise Custo-Efetivo – ACE, utilizada neste estudo, apresenta-se como

metodologia viável a ser aplicada por diversos setores da economia, uma vez que, de forma crescente, as autoridades têm estabelecido níveis de controle e monitoramento de padrões ambientais, exigindo, em muitos casos a avaliação de alternativas tecnológicas para uma adequada alocação dos recursos.

As vantagens comparativas observadas neste ensaio evidenciam que o uso de tecnologias tipo UASB é mais custo-efetivo, comparados à tecnologia com o uso de estações de tratamento de esgoto coletivo, usualmente utilizadas nas áreas urbanas no Brasil. No entanto, o estudo também demonstra uma sensibilidade na relação custo-efetivo em relação ao critério “eficiência técnica” e do “crescimento populacional”. Para o critério eficiência técnica pode-se observar que quanto menor os níveis de eficiência técnica, maior será a relação custo-efetivo, implicando em elevados gastos com investimento para os dois projetos em estudo e, para o critério de crescimento populacional pode-se observar que a aplicação de tecnologias alternativas simplificadas é mais custo-efetivo para populações inferiores a 6. mil habitantes garantindo ao tomador de decisões maior confiabilidade na escolha do projeto.

A Lei Federal de saneamento nº 11.445/07 preconiza a utilização de alternativas tecnológicas para a prestação de serviços de saneamento entendidas como soluções graduais e progressivas, que gerem a difusão dos conhecimentos gerados de interesse para o saneamento básico e prevê:

- i. o fomento ao desenvolvimento científico e tecnológico
- ii. a promoção de alternativas de gestão que viabilizem a auto-sustentação econômica e financeira dos serviços, e
- iii. a utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários.

Ademais, Andrade Neto (1997) aponta que os modelos de simples concepção podem ser o caminho para se atingir a universalização do tratamento de esgoto no Brasil e ressalta que o uso de reatores anaeróbicos de fluxo ascendente representa vantagens em relação aos aeróbicos, pela baixa produção de lodo, não demandando energia e requerendo construções e operações relativamente mais simples.

Com o conhecimento adquirido, ao longo deste trabalho, sugere-se para fins de estudos futuros uma reflexão abordando:

- i. Avaliação prévia das condições físicas do solo e território nas localidades a fim de garantir a viabilidade de sua implantação reduzindo as incertezas dos efeitos de longo prazo da aplicação de esgoto no solo.
- ii. Aplicação da metodologia deste estudo, comparando duas ou mais soluções individuais de tratamento de esgoto, a fim de evidenciar a relação custo-efetividade de tecnologias similares.
- iii. Levantamento da qualidade da água dos mananciais, da área em estudo, com objetivo de avaliar o impacto na redução do dano ambiental (*ex-ante* e *ex-post*) a partir da implantação de soluções alternativas.

Desta forma, permite-se a continuidade da investigação científica acerca de uma temática de relevância e interesse social, econômica e ambiental, garantindo subsídios técnicos às decisões no âmbito das políticas públicas de saneamento ambiental.

Nesta perspectiva, a avaliação econômica de projetos, por meio da análise custo-efetividade, agrega valor à implantação de políticas públicas, ao processo de planejamento e à intervenção governamental, permitindo aos gestores análises tanto em relação aos investimentos necessários e à eficácia dos objetivos desejados, quanto à relação custo-efetivo para as alternativas propostas.

De um modo geral, dada a escassez econômica na área de saneamento nos países em desenvolvimento, evidencia-se a necessidade de ampliar a discussão com os agentes envolvidos com o objetivo de alcançar efetividade em seus gastos potencializando a recuperação dos recursos hídricos degradados obtendo-se, desta forma, um maior ganho marginal de redução da poluição, aumento na melhoria do bem-estar social e alcance das metas de universalização no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: 1999.

ANDRADE, D. C. **Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica.** Revista Leituras de Economia Política, v. 14 p.1-31, Campinas: 2008. Disponível em: <<http://www.revistalep.com.br/index.php/lep/article/view/50>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

ANDRADE NETO, Cícero O. **Sistemas simples para tratamento de esgoto sanitário – Experiência brasileira.** Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1997.

ASSUNÇÃO, A. B. A.; SILVA, S. G.; MELO, S. L. N.; et al. **Ativo Intangível: Goodwill ou Capital Intelectual.** 2º Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade, São Paulo: 2005.

BENETTI, A. & BIDONE, F. **O meio ambiente e os recursos hídricos.** In: TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2ª ed., Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997. p. 849-877. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 4)

BLACKMAN, T. **Urban policy in practice.** British Library Cataloguing in publication data: 1995. 339 p.

BOLLMANN, H. A.; CARNEIRO, C.; PEGORINI, E. S. **Qualidade da água e dinâmica de nutrientes.** In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Org.). **Gestão integrada de mananciais urbanos eutrofizados.** Curitiba: Editora Gráfica Capital, 2005.

BOOTH, S.R.; TROCKI, L.R.; BOWLING, L. 1997. **A standard methodology for cost effectiveness analysis of new environmental technologies.** Los Alamos National Report LA-UR-91-3251. URL: Disponível em <http://www.p2pays.org/ref/23/22494.pdf>. Acessado em 15 mar 2014.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Diário Oficial da União 2007b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acessado em março de 2014.

_____. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Cadernos Temáticos para o Panorama do Saneamento Básico no Brasil.** Volume VII. Brasília: Ministério das Cidades, 2014.

_____. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Dimensionamento das necessidades de investimento para a universalização dos serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos sanitários no Brasil.** Brasília: Ministério das Cidades, 2003.

_____. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília: Ministério das Cidades, 2013.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Manual de Saneamento**. 3ª ed. Brasília: 2007a.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Saúde ambiental – guia básico para construção de indicadores**. Brasília, Ministério da Saúde, 2011.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Política Nacional de Atenção Básica / Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2012.

BRANCO, C. M. **A análise custo-efetividade: sua aplicação como auxílio para a definição de políticas de regulamentação do uso de agrotóxicos**. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente), Faculdade de Economia, Universidade de Brasília, Brasília: 2008.

CASTILLO, C. E. A. **Desenvolvimento para conservação: alternativa sustentável e custo efetiva para Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) - Faculdade de Economia, Universidade de Brasília, Brasília: 2004.

CASTRO, D. J.; ROCHA, V.; MARINHO, M.; PINTO, S. **Custo-efetividade: comparação entre o modelo tradicional e o Programa de Saúde da Família**. Revista Brasileira de Medicina de Família e Comunidade. Rio de Janeiro: v.3, nº 10, jul /set, 2007.

CHERNICHARO, C. A. L; VON SPERLING, M **A comparison between wastewater treatment processes in terms of compliance with effluent quality standards**. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, *Anais*, pp. 1-12. Porto Alegre: 2001. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

CHERNICHARO, C. A. L.; HAANDEL, A. C. V.; FORESTI, Eugenio, CYBIS, L. F. **Introdução**. In: **Pós- tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. PROSAB - PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO 2, p. 490-513, 2001.

COSTA, R. J. Z; COSTA, F.M.; NASCIMENTO, V.A. **Construção social de indicadores ambientais para a gestão de bacias hidrográficas**. Trabalho apresentado no V Congresso Iberoamericano sobre Desarrollo y ambiente. Argentina: 2011.

CVJETANOVIC, B. **Health effects and impact of water supply and sanitation**. *World Health Statistics Quarterly*, vol. 39, nº1, pp. 105-117. World Health Organization, Genebra: 1986.

DAMASCENO, L. M. O. **Avaliação e monitoramento da qualidade da água do rio Poty na região de Teresina, PI.** Monografia de TCC em Gestão Ambiental. Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí – CEFET. Teresina: 2005.

DRUMOND, M. F.; STODDART G. L.; O'BRIEN, B. J.; TORRANCE, G. W.; SCULPHER, M. J. **Principles of economic evaluation of health programmes.** Oxford University Press, 3^a ed., 2005.

FERNANDES, C. **Esgotos Sanitários.** Ed. Univ. UFPB, João Pessoa: 1997.

Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF). The State of World's Children Report. 2013. Acessado em 15 jan. 2014.

GALVÃO, A. C.; PAGANINI, W. S. **Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 14, n. 1, p. 79-88. Rio de Janeiro: 2009.

GALVÃO JÚNIOR, A. C. **Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil.** Rev Panam Salud Publica, 25 (6), p. 548-556. Public health: 2009.

GALDO, V.; BRICEÑO, B. **Evaluating the impact on child mortality of a water supply and sewerage expansion in Quito: Is Water Enough?.** OVE Working Papers, n^o 105, Inter-American Development Bank - Office of Evaluation and Oversight: 2005.

GAMPER-RABINDRAN, S.; KHAN, S.; TIMMINS, C. **The Impact of Piped Water Provision on Infant Mortality in Brazil: A Quantile Panel Data Approach.** Economic Research Initiatives at Duke (ERID) Research Paper n^o 24, 2009. Disponível em <<http://ssrn.com/abstract=1129044>>. Acessado em 15 de fev 2014.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Saneamento básico.** Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acessado em: 15 abr. 2014.

GULLO, C. R. M.; JUNIOR, Sabino S. P. **Uma aplicação da análise custo-efetividade para minimizar os impactos da poluição no rio taquari-antas pelo setor industrial de Caxias do sul.** Direito, economia e meio ambiente: olhares de diversos pesquisadores, Caxias do Sul, RS: Educs, 2012.

HELLER, L. **Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento.** Revista Ciência saúde coletiva, vol.3, n.2, pp. 73-84. Rio de Janeiro, 1998.

HELLER, L.; NASCIMENTO, N.O. **Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos**. Engenharia Sanitária Ambiental: v.10, nº 1, 2005.

HUFSCHMIDT, M. M.; JAMES, D. E.; MEISTER, A. D.; BOWER, B. T.; DIXON, J. A. **Environment, natural systems, and development: an economic valuation guide**. Johns Hopkins University Press: 1983. 338 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2010**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica>>. Acessado em 30 mar. 2014.

_____. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Acessado em 30 mar. 2014.

JANNUZZI, P. **Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações**. 2ª ed. Campinas: Alínea Editora, 2003. 141 p.

JARDIM JUNIOR, M. A. **Custo-efetividade e padrões ambientais: Implicações para tratamento de esgoto no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) - Faculdade de Economia. Universidade de Brasília. Brasília: 2006.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720 p.

KAYO, E. K. **A Estrutura de Capital e o Risco das Empresas Tangível e Intangível-Intensivas: uma contribuição ao estudo da Valoração de Empresas**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). São Paulo: 2002.

LEAL, F. C. T. **Sistemas de saneamento ambiental**. Faculdade de Engenharia da UFJF. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Curso de Especialização em análise Ambiental. 4ª ed. 2008.

LEVIN, H. M.; McEVAN, P.J. **Cost-Effectiveness Analysis: Methods and Applications**. SAGE Publications, 2ª ed. 2000. 328 p.

METCALF, L.; EDDY, H.P. **Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse**. McGraw-Hill International Editions, 3ª ed. New York: 1991.

MORAIS, R. C. S. **Diagnóstico Socioambiental do Balneário Curva São Paulo, Teresina-PI**. Dissertação do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí. Teresina: 2012.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio Ambiente**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007. 562 p.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A. **As interfaces entre políticas setoriais e política do meio ambiente: aspectos conceituais e operativos da política pública**. Brasília: ECO-NEPAMA, 2003.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M.; ARRUDA, F. **Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo?**. Cadernos de Ciência e Tecnologia. v. 17, nº 2, p. 81-109, maio/agosto 2000.

NOGUEIRA, J. M.; PEREIRA, R. R. **Critérios e Análise Econômicos na Escolha de Políticas Ambientais**. Brasília: UnB/NEPAMA, 1999.

Organization for Economic Cooperation and Development. **Evaluating Economic Instruments for Environmental Policy**. Paris: 1997.

_____. **Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews – a synthesis report by the Group on the State of the Environment – Environmental Monographs nº 83** – Paris, 1993.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Indicadores of sustainable development: framework and methodologies**. Background. Paper nº 3 Division for Sustainable Development Commission on Sustainable Development ninth Session 16-27 April 2001 New York 293 p. Disponível em: <www.un.org/publicaciones/xml/22873/lcl2348e.pdf>. Acessado em 15/02/2014.

Organização Mundial da Saúde – OMS. **Progress on sanitation and drinking water - 2013 update**. WHO Library. Genebra, 2013. Disponível em <http://www.who.int/about/licensing/copyright_form/en/index.html>. Acessado em 07/03/2014.

PEREIRA, R. S. **A análise custo-efetividade na gestão econômica do meio ambiente**. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) - Faculdade de Economia. Universidade de Brasília. Brasília: 1999.

_____. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH-UFRGS. v. 1, n. 1, 2004. p. 20-36. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>>. Acessado em: 15 fev. 2014.

PERMAN, R.; Yue M. A; JAMES McGilvrai e MICHAEL Common. **Natural Resource & Environmental Economics: Pollution Control Targets e Pollution control: Instruments**. Pearson Education: 2011. 4ª ed. 712 p.

PATERSON C, MARA D, CURTIS T. **Pro-poor sanitation technologies**. Geoforum 2007.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; MALHEIROS, T. F. **Saneamento e saúde pública: integrando homem e ambiente**. In: PHILIPPI JÚNIOR, A. (Ed.). Saneamento,

saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2007.

_____. **Gestão ambiental local.** In: SANTANNA, P. et al. A Cidade e a Saúde. Universidade de Coimbra. Coimbra: 2007.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; MARCOVITCH, J. **Mecanismos Institucionais para o Desenvolvimento Sustentável.** In: PHILIPPI JÚNIOR et al. Municípios e Meio Ambiente - Perspectivas para a Municipalização da Gestão Ambiental no Brasil. 1 ed. São Paulo: 1999.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia.** Pearson Prentice Hall. São Paulo: 2007. 641 p.

RANDALL, A. **Resource economics: an economic approach to natural resource and environmental policy.** 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1987. 434 p.

REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. Bahia Análise & Dados. Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 341-345, 2003.

SÃO PAULO. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia de coleta e preservação de amostras de água.** São Paulo: CETESB, 1988.

SILVA JÚNIOR, I. S. **A garantia da sustentabilidade dos recursos hídricos por meio do saneamento básico.** Jus Navigandi, Teresina, ano 18, n. 3520, 19 fev. 2013. Disponível em: <<http://jus.com.br/artigos/23749>>. Acesso em: 16 mar. 2014.

SILVA, C. E.; ALMEIDA, K. S.; MONTEIRO, P. B. C. L. **Índice de Qualidade da Água do Rio Poti – Teresina-PI.** In: X Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Maceió: 2010. p.1-7.

SOARES, S. A.; BERNARDES, R. S.; NETTO, O. M. C.; **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento.** Caderno de Saúde Pública, nov-dez. p. 1713-1724. Rio de Janeiro: 2002.

TEIXEIRA, L.I. **Evidências empíricas das políticas de saneamento básico sobre indicadores de saúde para municípios brasileiros.** Dissertação (mestrado) - Escola de Economia de São Paulo: 2011.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas. Estudos Avançados.** Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. v. 22. n° 63. 2008. p. 97-112. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142008000200007&script=sci_arttext>. Acesso em: 02 fev. 2014.

_____. **Água no meio urbano**. In: REBOLÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. (Org.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3ª ed. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 399-432.

_____. **Águas urbanas: interfaces no gerenciamento**. In: PHILIPPI JÚNIOR, A. (Ed.). *Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável*. Barueri, SP: Manole, 2005. p. 375-411.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETO, O. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156 p.

TUROLLA, F. A. **Política de Saneamento Básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas**. Brasília: IPEA, dez. 2002 (Texto para discussão, n. 922).

TUROLLA, F. A.; OHIRA, T. H. **A Economia do Saneamento Básico**. In: Ciclo de debates EITT, do Grupo de Estudos em Economia Industrial, trabalho e tecnologia do programa de estudos pós-graduados em economia política da PUC-SP, 3., 2005, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 2005.

United States Environmental Protection Agency - EPA. Guidelines for regulatory impact analysis: hypothetical case studies. Washington: 1989. p. 70-90.

_____. **Economic analysis and cost-effectiveness analysis of proposed effluent limitations guidelines and standards for industrial waste combustors**. Office of Water. Washington: 2000.

VIEIRA, C. W. **Análise custo-efetividade de ações empresariais em ecoeficiência**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro: 2013.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1. 2ª ed. Universidade Federal de Minas Gerais: 1996. 243 p.

Apêndice 1 – Investimentos Totais Projeto “A” (20 anos) - Município: Alexânia

Ano	População Urbana - 2010	Nr. de Domicílios (3,1 hab/dom)	Nº de Domicílios Adicionais/ano	Ligação domiciliar (R\$/Habitante)	Coleta (R\$/Habitante)	Extensão de Rede de Coleta (R\$/METRO)	Estação de Tratamento (R\$/Habitante)	Investimento Total	VPL	VPL Acumulado
2010	19.676	6.347	-	1.928.248	9.267.396	15.150.520	3.541.680	29.887.844		29.887.844
2011	20.052	6.468	376	36.830	270.209	263.068	278.852	848.958	800.904	30.688.748
2012	20.435	6.592	383	37.533	275.370	268.093	284.178	865.174	1.570.905	31.458.749
2013	20.825	6.718	390	38.250	280.629	273.213	289.606	881.698	2.311.196	32.199.040
2014	21.223	6.846	398	38.980	285.989	278.432	295.138	898.539	3.022.923	32.910.767
2015	21.628	6.977	405	39.725	291.451	283.750	300.775	915.701	3.707.188	33.595.032
2016	22.041	7.110	413	40.484	297.018	289.169	306.519	933.191	4.365.051	34.252.895
2017	22.462	7.246	421	41.257	302.691	294.692	312.374	951.015	4.997.530	34.885.374
2018	22.891	7.384	429	42.045	308.473	300.321	318.340	969.179	5.605.605	35.493.449
2019	23.329	7.525	437	42.848	314.364	306.057	324.421	987.690	6.190.217	36.078.061
2020	23.774	7.669	446	43.666	320.369	311.903	330.617	1.006.555	6.752.273	36.640.117
2021	24.228	7.816	454	44.500	326.488	317.860	336.932	1.025.780	7.292.641	37.180.485
2022	24.691	7.965	463	45.350	332.724	323.931	343.367	1.045.373	7.812.159	37.700.003
2023	25.163	8.117	472	46.217	339.079	330.118	349.926	1.065.340	8.311.632	38.199.476
2024	25.643	8.272	481	47.099	345.555	336.424	356.609	1.085.687	8.791.833	38.679.677
2025	26.133	8.430	490	47.999	352.155	342.849	363.420	1.106.424	9.253.505	39.141.349
2026	26.632	8.591	499	48.916	358.882	349.398	370.362	1.127.557	9.697.363	39.585.207
2027	27.141	8.755	509	49.850	365.736	356.071	377.436	1.149.093	10.124.096	40.011.940
2028	27.659	8.922	518	50.802	372.722	362.872	384.645	1.171.041	10.534.362	40.422.206
2029	28.187	9.093	528	51.772	379.841	369.803	391.991	1.193.408	10.928.799	40.816.643
2030	28.726	9.266	538	52.761	387.096	376.866	399.478	1.216.202	11.308.017	41.195.861
INVESTIMENTO TOTAL				2.815.133	15.774.236	21.485.413	10.256.667	50.331.449	41.195.861	

Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 2 – Investimentos Totais Projeto “B” (20 anos) - Município: Alexânia

Ano	População Urbana - 2010	Nº de Domicílios (3,1 hab/dom)	Nº de Domicílios Adicionais/ano	Custo Equipamentos								
				Caixa de Gordura	Caixa Gradeada	Reator de 1.000 Lts	Sumidouro	Custos Operacionais de Instalação	Manutenção	Investimento Total	VPL	VPL Acumulado
2010	19.676	6.347	-	1.421.750	1.421.750	10.263.255	6.702.534	5.648.916		25.458.205	0	25.458.205
2011	20.052	6.468	121	27.155	27.155	196.028	128.018	107.894		486.252	458.728	25.916.933
2012	20.435	6.592	124	27.674	27.674	199.772	130.464	109.955		495.539	899.756	26.357.961
2013	20.825	6.718	126	28.203	28.203	203.588	132.955	112.055		505.004	1.323.767	26.781.972
2014	21.223	6.846	128	28.741	28.741	207.476	135.495	114.195		514.649	1.731.418	27.189.623
2015	21.628	6.977	131	29.290	29.290	211.439	138.083	116.377	317.355	841.834	2.360.485	27.818.690
2016	22.041	7.110	133	29.850	29.850	215.478	140.720	118.599	6.061	540.558	2.741.557	28.199.763
2017	22.462	7.246	136	30.420	30.420	219.593	143.408	120.865	6.177	550.883	3.107.926	28.566.131
2018	22.891	7.384	138	31.001	31.001	223.788	146.147	123.173	6.295	561.405	3.460.158	28.918.364
2019	23.329	7.525	141	31.593	31.593	228.062	148.938	125.526	6.415	572.128	3.798.800	29.257.005
2020	23.774	7.669	144	32.196	32.196	232.418	151.783	127.923	323.893	900.410	4.301.584	29.759.789
2021	24.228	7.816	146	32.811	32.811	236.857	154.682	130.367	12.724	600.253	4.617.790	30.075.995
2022	24.691	7.965	149	33.438	33.438	241.381	157.637	132.857	12.967	611.718	4.921.795	30.380.000
2023	25.163	8.117	152	34.077	34.077	245.992	160.648	135.394	13.215	623.402	5.214.070	30.672.276
2024	25.643	8.272	155	34.728	34.728	250.690	163.716	137.980	13.467	635.309	5.495.068	30.953.273
2025	26.133	8.430	158	35.391	35.391	255.478	166.843	140.616	331.080	964.798	5.897.645	31.355.850
2026	26.632	8.591	161	36.067	36.067	260.358	170.030	143.301	13.987	659.809	6.157.376	31.615.581
2027	27.141	8.755	164	36.756	36.756	265.331	173.277	146.038	14.254	672.412	6.407.086	31.865.291
2028	27.659	8.922	167	37.458	37.458	270.398	176.587	148.828	14.526	685.255	6.647.161	32.105.366
2029	28.187	9.093	170	38.173	38.173	275.563	179.960	151.670	14.804	698.343	6.877.972	32.336.177
2030	28.726	9.266	174	38.902	38.902	280.826	183.397	154.567	332.441	1.029.036	7.198.831	32.657.036
INVESTIMENTO TOTAL				2.075.674	2.075.674	14.983.773	9.785.321	8.247.098	1.439.663	38.607.203	32.657.036	

Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 3 – Investimentos Totais Projeto “A” (20 anos) - Município: Cabeceiras

Ano	População Urbana - 2010	Nº de Domicílios (3,1 hab/dom)	Nº de Domicílios Adicionais/ano	Custo Equipamentos					VPL	VPL Acumulado
				Ligação domiciliar (R\$/Habitante)	Coleta (R\$/Habitante)	Extensão de Rede de Coleta (R\$/METRO)	Estação de Tratamento (R\$/Habitante)	Investimento Total		
2010	5.505	1.776	-	539.490	3.958.095	3.853.500	4.084.710	12.435.795		12.435.795
2011	5.610	1.810	105	10.304	75.600	73.602	78.018	237.524	224.079	12.659.874
2012	5.717	1.844	107	10.501	77.044	75.008	79.508	242.060	439.512	12.875.307
2013	5.826	1.880	109	10.702	78.515	76.440	81.027	246.684	646.632	13.082.427
2014	5.938	1.915	111	10.906	80.015	77.900	82.574	251.395	845.761	13.281.556
2015	6.051	1.952	113	11.114	81.543	79.388	84.151	256.197	1.037.206	13.473.001
2016	6.167	1.989	116	11.327	83.100	80.905	85.759	261.090	1.221.265	13.657.060
2017	6.285	2.027	118	11.543	84.688	82.450	87.397	266.077	1.398.221	13.834.016
2018	6.405	2.066	120	11.763	86.305	84.025	89.066	271.159	1.568.350	14.004.145
2019	6.527	2.105	122	11.988	87.954	85.629	90.767	276.338	1.731.914	14.167.709
2020	6.652	2.146	125	12.217	89.634	87.265	92.501	281.617	1.889.168	14.324.963
2021	6.779	2.187	127	12.450	91.346	88.932	94.268	286.995	2.040.353	14.476.148
2022	6.908	2.228	129	12.688	93.090	90.630	96.068	292.477	2.185.705	14.621.500
2023	7.040	2.271	132	12.931	94.868	92.361	97.903	298.063	2.325.449	14.761.244
2024	7.175	2.314	134	13.178	96.680	94.125	99.773	303.756	2.459.801	14.895.596
2025	7.312	2.359	137	13.429	98.527	95.923	101.679	309.558	2.588.968	15.024.763
2026	7.451	2.404	140	13.686	100.409	97.755	103.621	315.471	2.713.152	15.148.947
2027	7.594	2.450	142	13.947	102.327	99.623	105.600	321.496	2.832.545	15.268.340
2028	7.739	2.496	145	14.214	104.281	101.525	107.617	327.637	2.947.330	15.383.125
2029	7.886	2.544	148	14.485	106.273	103.464	109.672	333.895	3.057.686	15.493.481
2030	8.037	2.593	151	14.762	108.303	105.441	111.767	340.272	3.163.785	15.599.580
INVESTIMENTO TOTAL				787.625	5.778.595	5.625.892	5.963.446	18.155.557	15.599.580	

Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 4 – Investimentos Totais Projeto “B” (20 anos) - Município: Cabeceiras

Ano	População Urbana - 2010	Nº de Domicílios (3,1 hab/dom)	Nº de Domicílios Adicionais/ano	Custo Equipamentos								
				Caixa de Gordura	Caixa Gradeada	Reator de 1.000 Lts	Sumidouro	Custos Operacionais de Instalação	Manutenção	Investimento Total	VPL	VPL Acumulado
2010	5.505	1.776	-	397.781	397.781	2.871.479	1.875.252	1.580.468		7.122.760	0	7.122.760
2011	5.610	1.810	34	7.598	7.598	54.845	35.817	30.187		136.045	128.344	7.251.104
2012	5.717	1.844	35	7.743	7.743	55.893	36.501	30.764		138.643	251.736	7.374.496
2013	5.826	1.880	35	7.891	7.891	56.960	37.199	31.351		141.291	370.367	7.493.127
2014	5.938	1.915	36	8.041	8.041	58.048	37.909	31.950		143.990	484.420	7.607.180
2015	6.051	1.952	37	8.195	8.195	59.157	38.633	32.560	88.790	235.530	660.422	7.783.182
2016	6.167	1.989	37	8.351	8.351	60.287	39.371	33.182	1.696	151.239	767.040	7.889.799
2017	6.285	2.027	38	8.511	8.511	61.438	40.123	33.816	1.728	154.127	869.543	7.992.303
2018	6.405	2.066	39	8.674	8.674	62.612	40.889	34.462	1.761	157.071	968.092	8.090.851
2019	6.527	2.105	39	8.839	8.839	63.808	41.670	35.120	1.795	160.071	1.062.838	8.185.597
2020	6.652	2.146	40	9.008	9.008	65.026	42.466	35.791	90.620	251.919	1.203.508	8.326.268
2021	6.779	2.187	41	9.180	9.180	66.268	43.277	36.474	3.560	167.940	1.291.977	8.414.736
2022	6.908	2.228	42	9.355	9.355	67.534	44.104	37.171	3.628	171.148	1.377.032	8.499.792
2023	7.040	2.271	43	9.534	9.534	68.824	44.946	37.881	3.697	174.417	1.458.806	8.581.565
2024	7.175	2.314	43	9.716	9.716	70.139	45.805	38.604	3.768	177.748	1.537.424	8.660.183
2025	7.312	2.359	44	9.902	9.902	71.478	46.680	39.342	92.630	269.934	1.650.058	8.772.817
2026	7.451	2.404	45	10.091	10.091	72.844	47.571	40.093	3.913	184.603	1.722.726	8.845.486
2027	7.594	2.450	46	10.284	10.284	74.235	48.480	40.859	3.988	188.129	1.792.590	8.915.350
2028	7.739	2.496	47	10.480	10.480	75.653	49.406	41.639	4.064	191.722	1.859.759	8.982.519
2029	7.886	2.544	48	10.680	10.680	77.098	50.350	42.435	4.142	195.384	1.924.336	9.047.096
2030	8.037	2.593	49	10.884	10.884	78.570	51.311	43.245	93.011	287.906	2.014.107	9.136.866
INVESTIMENTO TOTAL				580.737	580.737	4.192.197	2.737.761	2.307.394	402.793	10.801.619	9.136.866	

Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 5 – Investimentos Totais Projeto “A” (20 anos) - Município: Cocalzinho de Goiás

Ano	População Urbana - 2010	Nº de Domicílios (3,1 hab/dom)	Nº de Domicílios Adicionais/ano	Custo Equipamentos						
				Ligação domiciliar (R\$/Habitante)	Coleta (R\$/Habitante)	Extensão de Rede de Coleta (R\$/METRO)	Estação de Tratamento (R\$/Habitante)	Investimento Total	VPL	VPL Acumulado
2010	6.444	2.079	-	631.512	4.021.056	4.510.800	3.460.428	12.623.796		12.623.796
2011	6.567	2.118	123	12.062	88.495	86.156	91.326	278.039	262.301	12.886.097
2012	6.693	2.159	125	12.292	90.185	87.802	93.070	283.349	514.480	13.138.276
2013	6.820	2.200	128	12.527	91.908	89.479	94.848	288.761	756.930	13.380.726
2014	6.951	2.242	130	12.766	93.663	91.188	96.659	294.276	990.024	13.613.820
2015	7.083	2.285	133	13.010	95.452	92.930	98.505	299.897	1.214.125	13.837.921
2016	7.219	2.329	135	13.259	97.275	94.705	100.387	305.625	1.429.579	14.053.375
2017	7.357	2.373	138	13.512	99.133	96.513	102.304	311.463	1.636.719	14.260.515
2018	7.497	2.418	141	13.770	101.027	98.357	104.258	317.412	1.835.867	14.459.663
2019	7.640	2.465	143	14.033	102.956	100.235	106.250	323.474	2.027.331	14.651.127
2020	7.786	2.512	146	14.301	104.923	102.150	108.279	329.652	2.211.407	14.835.203
2021	7.935	2.560	149	14.574	106.927	104.101	110.347	335.949	2.388.381	15.012.177
2022	8.086	2.609	152	14.853	108.969	106.089	112.455	342.365	2.558.526	15.182.322
2023	8.241	2.658	154	15.136	111.050	108.116	114.603	348.905	2.722.106	15.345.902
2024	8.398	2.709	157	15.425	113.171	110.181	116.791	355.569	2.879.374	15.503.170
2025	8.559	2.761	160	15.720	115.333	112.285	119.022	362.360	3.030.575	15.654.371
2026	8.722	2.814	163	16.020	117.536	114.430	121.296	369.281	3.175.941	15.799.737
2027	8.889	2.867	167	16.326	119.781	116.615	123.612	376.334	3.315.698	15.939.494
2028	9.059	2.922	170	16.638	122.068	118.843	125.973	383.522	3.450.063	16.073.859
2029	9.232	2.978	173	16.956	124.400	121.113	128.379	390.848	3.579.243	16.203.039
2030	9.408	3.035	176	17.280	126.776	123.426	130.831	398.313	3.703.439	16.327.235
INVESTIMENTO TOTAL				921.972	6.152.083	6.585.513	5.659.624	19.319.191	16.327.235	

Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 6 – Investimentos Totais Projeto “B” (20 anos) - Município: Cocalzinho de Goiás

Ano	População Urbana - 2010	Nº de Domicílios (3,1 hab/dom)	Nº de Domicílios Adicionais/a no	Custo Equipamentos								
				Caixa de Gordura	Caixa Gradeada	Reator de 1.000 Lts	Sumidouro	Custos Operacionais de Instalação	Manutenção	Investimento Total	VPL	VPL Acumulado
2010	6.444	2.079	-	465.631	465.631	3.361.274	2.195.117	1.850.052		8.337.705	0	8.337.705
2011	6.567	2.118	40	8.894	8.894	64.200	41.927	35.336		159.250	150.236	8.487.941
2012	6.693	2.159	40	9.063	9.063	65.427	42.728	36.011		162.292	294.675	8.632.380
2013	6.820	2.200	41	9.237	9.237	66.676	43.544	36.699		165.392	433.541	8.771.246
2014	6.951	2.242	42	9.413	9.413	67.950	44.375	37.400		168.551	567.049	8.904.754
2015	7.083	2.285	43	9.593	9.593	69.248	45.223	38.114	103.935	275.705	773.072	9.110.777
2016	7.219	2.329	44	9.776	9.776	70.570	46.087	38.842	1.985	177.036	897.875	9.235.580
2017	7.357	2.373	44	9.963	9.963	71.918	46.967	39.584	2.023	180.417	1.017.863	9.355.568
2018	7.497	2.418	45	10.153	10.153	73.292	47.864	40.340	2.062	183.863	1.133.221	9.470.926
2019	7.640	2.465	46	10.347	10.347	74.692	48.778	41.110	2.101	187.375	1.244.128	9.581.833
2020	7.786	2.512	47	10.545	10.545	76.118	49.710	41.896	106.077	294.889	1.408.793	9.746.497
2021	7.935	2.560	48	10.746	10.746	77.572	50.659	42.696	4.167	196.586	1.512.352	9.850.057
2022	8.086	2.609	49	10.951	10.951	79.054	51.627	43.511	4.247	200.341	1.611.915	9.949.620
2023	8.241	2.658	50	11.160	11.160	80.564	52.613	44.342	4.328	204.168	1.707.637	10.045.342
2024	8.398	2.709	51	11.373	11.373	82.102	53.618	45.189	4.411	208.067	1.799.666	10.137.370
2025	8.559	2.761	52	11.591	11.591	83.671	54.642	46.052	108.430	315.977	1.931.512	10.269.216
2026	8.722	2.814	53	11.812	11.812	85.269	55.686	46.932	4.581	216.091	2.016.575	10.354.280
2027	8.889	2.867	54	12.038	12.038	86.897	56.749	47.828	4.668	220.219	2.098.356	10.436.061
2028	9.059	2.922	55	12.268	12.268	88.557	57.833	48.742	4.757	224.425	2.176.982	10.514.687
2029	9.232	2.978	56	12.502	12.502	90.248	58.938	49.673	4.848	228.711	2.252.574	10.590.279
2030	9.408	3.035	57	12.741	12.741	91.972	60.063	50.622	108.876	337.015	2.357.657	10.695.362
INVESTIMENTO TOTAL				679.795	679.795	4.907.269	3.204.747	2.700.971	471.498	12.644.075	10.695.362	

Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 7 – Investimentos Totais Projeto “A” (20 anos) - Município: Corumbá de Goiás

Ano	População Urbana - 2010	Nº de Domicílios (3,1 hab/dom)	Nº de Domicílios Adicionais/ano	Custo Equipamentos						
				Ligação domiciliar (R\$/Habitante)	Coleta (R\$/Habitante)	Extensão de Rede de Coleta (R\$/METRO)	Estação de Tratamento (R\$/Habitante)	Investimento Total	VPL	VPL Acumulado
2010	6.416	2.070	-	628.768	3.021.936	4.940.320	3.445.392	12.036.416		12.036.416
2011	6.539	2.109	123	12.009	88.110	85.782	90.929	276.831	261.161	12.297.577
2012	6.663	2.149	125	12.239	89.793	87.420	92.666	282.118	512.245	12.548.661
2013	6.791	2.191	127	12.473	91.508	89.090	94.435	287.506	753.641	12.790.057
2014	6.920	2.232	130	12.711	93.256	90.792	96.239	292.998	985.722	13.022.138
2015	7.053	2.275	132	12.954	95.037	92.526	98.077	298.594	1.208.849	13.245.265
2016	7.187	2.318	135	13.201	96.852	94.293	99.951	304.297	1.423.367	13.459.783
2017	7.325	2.363	137	13.453	98.702	96.094	101.860	310.109	1.629.607	13.666.023
2018	7.464	2.408	140	13.710	100.588	97.929	103.805	316.032	1.827.890	13.864.306
2019	7.607	2.454	143	13.972	102.509	99.800	105.788	322.069	2.018.522	14.054.938
2020	7.752	2.501	145	14.239	104.467	101.706	107.808	328.220	2.201.798	14.238.214
2021	7.900	2.549	148	14.511	106.462	103.649	109.868	334.489	2.378.003	14.414.419
2022	8.051	2.597	151	14.788	108.495	105.628	111.966	340.878	2.547.409	14.583.825
2023	8.205	2.647	154	15.070	110.568	107.646	114.105	347.389	2.710.278	14.746.694
2024	8.362	2.697	157	15.358	112.680	109.702	116.284	354.024	2.866.863	14.903.279
2025	8.522	2.749	160	15.652	114.832	111.797	118.505	360.786	3.017.406	15.053.822
2026	8.684	2.801	163	15.951	117.025	113.933	120.768	367.677	3.162.141	15.198.557
2027	8.850	2.855	166	16.255	119.260	116.109	123.075	374.699	3.301.291	15.337.707
2028	9.019	2.909	169	16.566	121.538	118.326	125.426	381.856	3.435.072	15.471.488
2029	9.191	2.965	172	16.882	123.859	120.586	127.822	389.149	3.563.691	15.600.107
2030	9.367	3.022	176	17.205	126.225	122.890	130.263	396.582	3.687.347	15.723.763
INVESTIMENTO TOTAL				917.966	5.143.703	7.006.018	5.635.032	18.702.719	15.723.763	

Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 8 – Investimentos Totais Projeto “B” (20 anos) - Município: Corumbá de Goiás

Ano	População Urbana - 2010	Nº de Domicílios (3,1 hab/dom)	Nº de Domicílios Adicionais/a no	Custo Equipamentos								
				Caixa de Gordura	Caixa Gradeada	Reator de 1.000 Lts	Sumidouro	Custos Operacionais de Instalação	Manutenção	Investimento Total	VPL	VPL Acumulado
2010	6.416	2.070	-	463.608	463.608	3.346.668	2.185.579	1.842.013		8.301.476	-	8.301.476
2011	6.539	2.109	40	8.855	8.855	63.921	41.745	35.182		158.558	149.583	8.451.059
2012	6.663	2.149	40	9.024	9.024	65.142	42.542	35.854		161.587	293.395	8.594.871
2013	6.791	2.191	41	9.196	9.196	66.386	43.354	36.539		164.673	431.657	8.733.133
2014	6.920	2.232	42	9.372	9.372	67.654	44.183	37.237		167.818	564.585	8.866.061
2015	7.053	2.275	43	9.551	9.551	68.947	45.026	37.948	103.484	274.507	769.713	9.071.189
2016	7.187	2.318	43	9.733	9.733	70.264	45.886	38.673	1.977	176.267	893.974	9.195.450
2017	7.325	2.363	44	9.919	9.919	71.606	46.763	39.412	2.014	179.633	1.013.440	9.314.917
2018	7.464	2.408	45	10.109	10.109	72.973	47.656	40.165	2.053	183.064	1.128.297	9.429.773
2019	7.607	2.454	46	10.302	10.302	74.367	48.566	40.932	2.092	186.561	1.238.722	9.540.198
2020	7.752	2.501	47	10.499	10.499	75.787	49.494	41.714	105.616	293.608	1.402.672	9.704.148
2021	7.900	2.549	48	10.699	10.699	77.235	50.439	42.510	4.149	195.732	1.505.781	9.807.257
2022	8.051	2.597	49	10.904	10.904	78.710	51.403	43.322	4.228	199.471	1.604.912	9.906.388
2023	8.205	2.647	50	11.112	11.112	80.214	52.384	44.150	4.309	203.280	1.700.217	10.001.693
2024	8.362	2.697	51	11.324	11.324	81.746	53.385	44.993	4.392	207.163	1.791.846	10.093.322
2025	8.522	2.749	52	11.540	11.540	83.307	54.405	45.852	107.959	314.604	1.923.119	10.224.595
2026	8.684	2.801	53	11.761	11.761	84.898	55.444	46.728	4.561	215.152	2.007.813	10.309.289
2027	8.850	2.855	54	11.985	11.985	86.520	56.503	47.621	4.648	219.262	2.089.239	10.390.715
2028	9.019	2.909	55	12.214	12.214	88.172	57.582	48.530	4.737	223.450	2.167.523	10.468.999
2029	9.191	2.965	56	12.448	12.448	89.856	58.682	49.457	4.827	227.718	2.242.787	10.544.263
2030	9.367	3.022	57	12.685	12.685	91.573	59.802	50.402	108.403	335.551	2.347.413	10.648.889
INVESTIMENTO TOTAL				676.841	676.841	4.885.947	3.190.822	2.689.235	469.449	12.589.135	10.648.889	

Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 9 – Investimentos Totais Projeto “A” (20 anos) - Município: Vila Boa

Ano	População Urbana - 2010	Nº de Domicílios (3,1 hab/dom)	Nº de Domicílios Adicionais/ano	Custo Equipamentos						
				Ligação domiciliar (R\$/Habitante)	Coleta (R\$/Habitante)	Extensão de Rede de Coleta (R\$/METRO)	Estação de Tratamento (R\$/Habitante)	Investimento Total	VPL	VPL Acumulado
2010	3.502	1.130	-	343.196	2.517.938	2.451.400	2.598.484	7.911.018		7.911.018
2011	3.569	1.151	67	6.555	48.093	46.822	49.631	151.100	142.548	8.053.566
2012	3.637	1.173	68	6.680	49.011	47.716	50.579	153.986	279.595	8.190.613
2013	3.707	1.196	69	6.808	49.947	48.627	51.545	156.928	411.354	8.322.372
2014	3.777	1.218	71	6.938	50.901	49.556	52.530	159.925	538.030	8.449.048
2015	3.849	1.242	72	7.070	51.874	50.503	53.533	162.979	659.818	8.570.836
2016	3.923	1.265	74	7.205	52.864	51.467	54.555	166.092	776.906	8.687.924
2017	3.998	1.290	75	7.343	53.874	52.450	55.597	169.265	889.477	8.800.495
2018	4.074	1.314	76	7.483	54.903	53.452	56.659	172.498	997.704	8.908.722
2019	4.152	1.339	78	7.626	55.952	54.473	57.741	175.792	1.101.755	9.012.773
2020	4.231	1.365	79	7.772	57.020	55.514	58.844	179.150	1.201.792	9.112.810
2021	4.312	1.391	81	7.920	58.109	56.574	59.968	182.572	1.297.969	9.208.987
2022	4.395	1.418	82	8.072	59.219	57.654	61.114	186.059	1.390.434	9.301.452
2023	4.479	1.445	84	8.226	60.350	58.756	62.281	189.613	1.479.332	9.390.350
2024	4.564	1.472	86	8.383	61.503	59.878	63.470	193.234	1.564.800	9.475.818
2025	4.651	1.500	87	8.543	62.678	61.021	64.683	196.925	1.646.970	9.557.988
2026	4.740	1.529	89	8.706	63.875	62.187	65.918	200.686	1.725.969	9.636.987
2027	4.831	1.558	91	8.872	65.095	63.375	67.177	204.519	1.801.920	9.712.938
2028	4.923	1.588	92	9.042	66.338	64.585	68.460	208.426	1.874.941	9.785.959
2029	5.017	1.618	94	9.215	67.605	65.819	69.768	212.407	1.945.144	9.856.162
2030	5.113	1.649	96	9.391	68.897	67.076	71.100	216.464	2.012.638	9.923.656
INVESTIMENTO TOTAL				501.047	3.676.047	3.578.905	3.793.640	11.549.639	9.923.656	

Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 10 – Investimentos Totais Projeto “B” (20 anos) - Município: Vila Boa

Ano	População Urbana - 2010	Nº de Domicílios (3,1 hab/dom)	Nº de Domicílios Adicionais/a no	Custo Equipamentos								
				Caixa de Gordura	Caixa Gradeada	Reator de 1.000 Lts	Sumidouro	Custos Operacionais de Instalação	Manutenção	Investimento Total	VPL	VPL Acumulado
2010	6.416	2.070	-	463.608	463.608	3.346.668	2.185.579	1.842.013		8.301.476	-	8.301.476
2011	6.539	2.109	40	8.855	8.855	63.921	41.745	35.182		158.558	149.583	8.451.059
2012	6.663	2.149	40	9.024	9.024	65.142	42.542	35.854		161.587	293.395	8.594.871
2013	6.791	2.191	41	9.196	9.196	66.386	43.354	36.539		164.673	431.657	8.733.133
2014	6.920	2.232	42	9.372	9.372	67.654	44.183	37.237		167.818	564.585	8.866.061
2015	7.053	2.275	43	9.551	9.551	68.947	45.026	37.948	103.484	274.507	769.713	9.071.189
2016	7.187	2.318	43	9.733	9.733	70.264	45.886	38.673	1.977	176.267	893.974	9.195.450
2017	7.325	2.363	44	9.919	9.919	71.606	46.763	39.412	2.014	179.633	1.013.440	9.314.917
2018	7.464	2.408	45	10.109	10.109	72.973	47.656	40.165	2.053	183.064	1.128.297	9.429.773
2019	7.607	2.454	46	10.302	10.302	74.367	48.566	40.932	2.092	186.561	1.238.722	9.540.198
2020	7.752	2.501	47	10.499	10.499	75.787	49.494	41.714	105.616	293.608	1.402.672	9.704.148
2021	7.900	2.549	48	10.699	10.699	77.235	50.439	42.510	4.149	195.732	1.505.781	9.807.257
2022	8.051	2.597	49	10.904	10.904	78.710	51.403	43.322	4.228	199.471	1.604.912	9.906.388
2023	8.205	2.647	50	11.112	11.112	80.214	52.384	44.150	4.309	203.280	1.700.217	10.001.693
2024	8.362	2.697	51	11.324	11.324	81.746	53.385	44.993	4.392	207.163	1.791.846	10.093.322
2025	8.522	2.749	52	11.540	11.540	83.307	54.405	45.852	107.959	314.604	1.923.119	10.224.595
2026	8.684	2.801	53	11.761	11.761	84.898	55.444	46.728	4.561	215.152	2.007.813	10.309.289
2027	8.850	2.855	54	11.985	11.985	86.520	56.503	47.621	4.648	219.262	2.089.239	10.390.715
2028	9.019	2.909	55	12.214	12.214	88.172	57.582	48.530	4.737	223.450	2.167.523	10.468.999
2029	9.191	2.965	56	12.448	12.448	89.856	58.682	49.457	4.827	227.718	2.242.787	10.544.263
2030	9.367	3.022	57	12.685	12.685	91.573	59.802	50.402	108.403	335.551	2.347.413	10.648.889
INVESTIMENTO TOTAL				676.841	676.841	4.885.947	3.190.822	2.689.235	469.449	12.589.135	10.648.889	

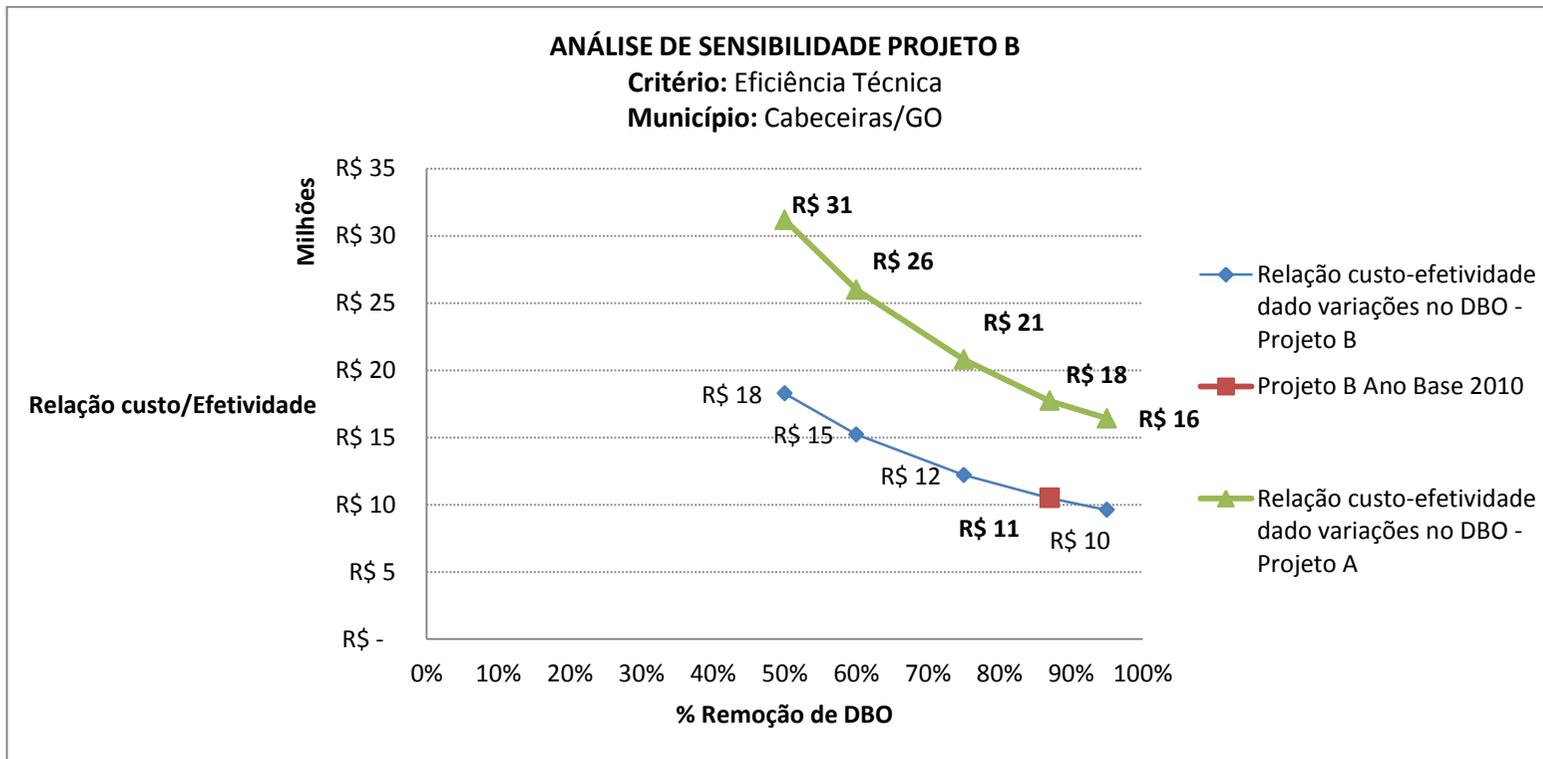
Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 11 - Contribuição Média Doméstica (Volume de Efluentes) Kg DBO/hab./dia – Municípios da Amostra

ANO	População urbana - Alexânia	DBO do esgoto bruto (carga em kg DBO/dia)	População urbana - Cabeceiras	DBO do esgoto bruto (carga em kg DBO/dia)	População urbana - Cocalzinho de Goiás	DBO do esgoto bruto (carga em kg DBO/dia)	População urbana - Corumbá de Goiás	DBO do esgoto bruto (carga em kg DBO/dia)	População urbana - Vila Boa	DBO do esgoto bruto (carga em kg DBO/dia)
2010	19.676	1.063	5.505	297	6.444	348	6.416	346	3.502	189
2011	20.052	1.083	5.610	303	6.567	355	6.539	353	3.569	193
2012	20.435	1.103	5.717	309	6.693	361	6.663	360	3.637	196
2013	20.825	1.125	5.826	315	6.820	368	6.791	367	3.707	200
2014	21.223	1.146	5.938	321	6.951	375	6.920	374	3.777	204
2015	21.628	1.168	6.051	327	7.083	383	7.053	381	3.849	208
2016	22.041	1.190	6.167	333	7.219	390	7.187	388	3.923	212
2017	22.462	1.213	6.285	339	7.357	397	7.325	396	3.998	216
2018	22.891	1.236	6.405	346	7.497	405	7.464	403	4.074	220
2019	23.329	1.260	6.527	352	7.640	413	7.607	411	4.152	224
2020	23.774	1.284	6.652	359	7.786	420	7.752	419	4.231	228
2021	24.228	1.308	6.779	366	7.935	428	7.900	427	4.312	233
2022	24.691	1.333	6.908	373	8.086	437	8.051	435	4.395	237
2023	25.163	1.359	7.040	380	8.241	445	8.205	443	4.479	242
2024	25.643	1.385	7.175	387	8.398	454	8.362	452	4.564	246
2025	26.133	1.411	7.312	395	8.559	462	8.522	460	4.651	251
2026	26.632	1.438	7.451	402	8.722	471	8.684	469	4.740	256
2027	27.141	1.466	7.594	410	8.889	480	8.850	478	4.831	261
2028	27.659	1.494	7.739	418	9.059	489	9.019	487	4.923	266
2029	28.187	1.522	7.886	426	9.232	499	9.191	496	5.017	271
2030	28.726	1.551	8.037	434	9.408	508	9.367	506	5.113	276

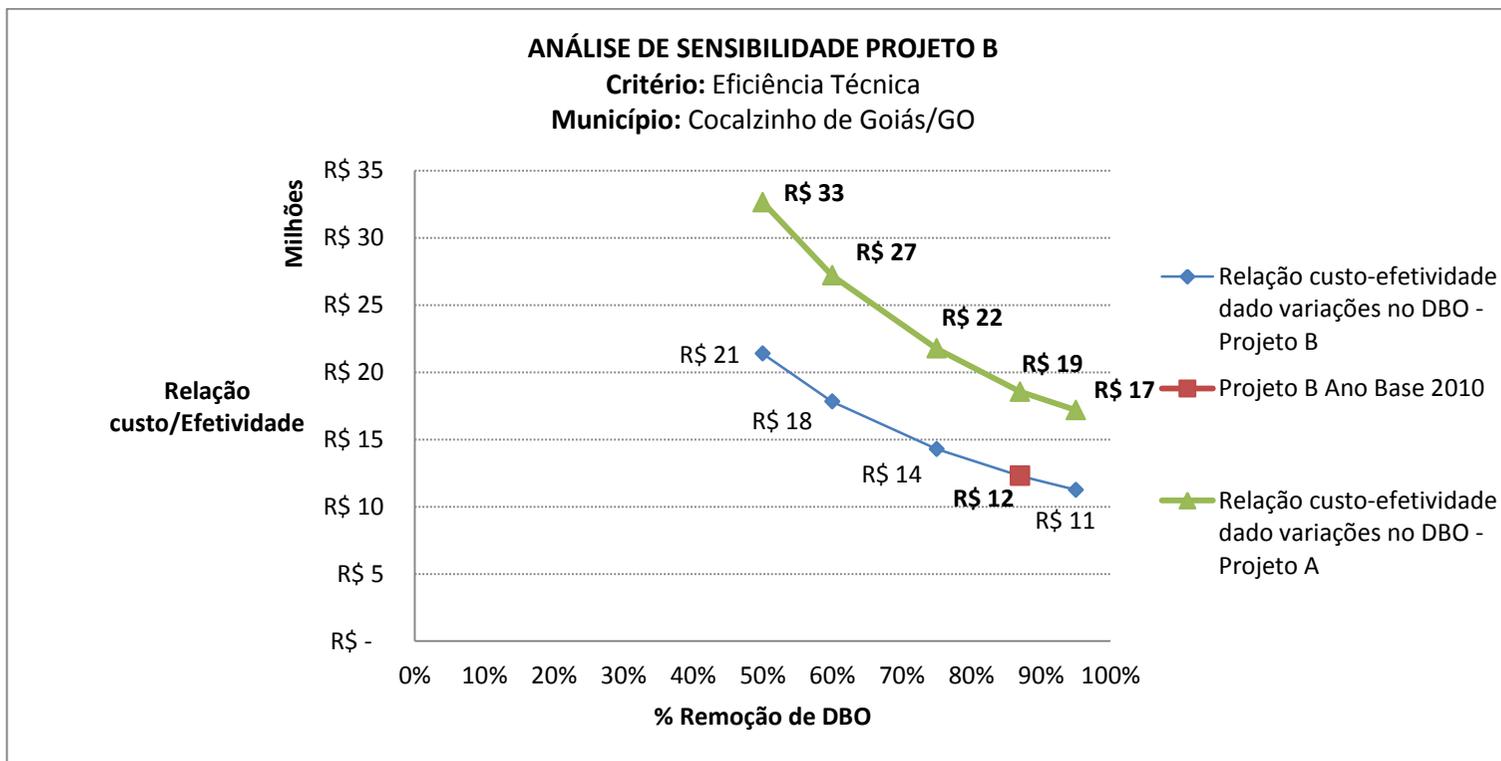
Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 12 - Gráfico da Análise de Sensibilidade - Município: Cabeceiras/GO



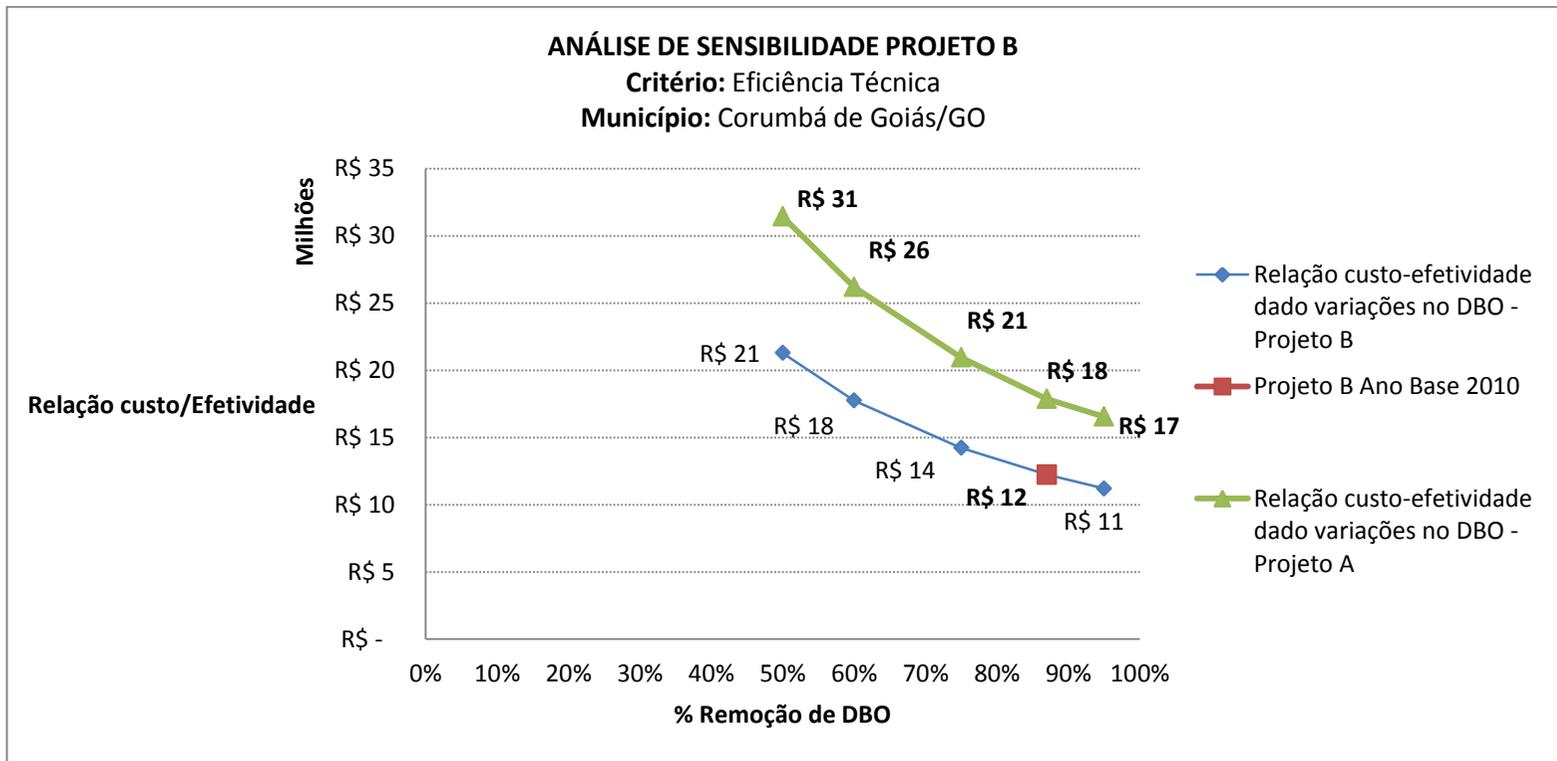
Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 13 - Gráfico da Análise de Sensibilidade - Município: Cocalzinho de Goiás/GO



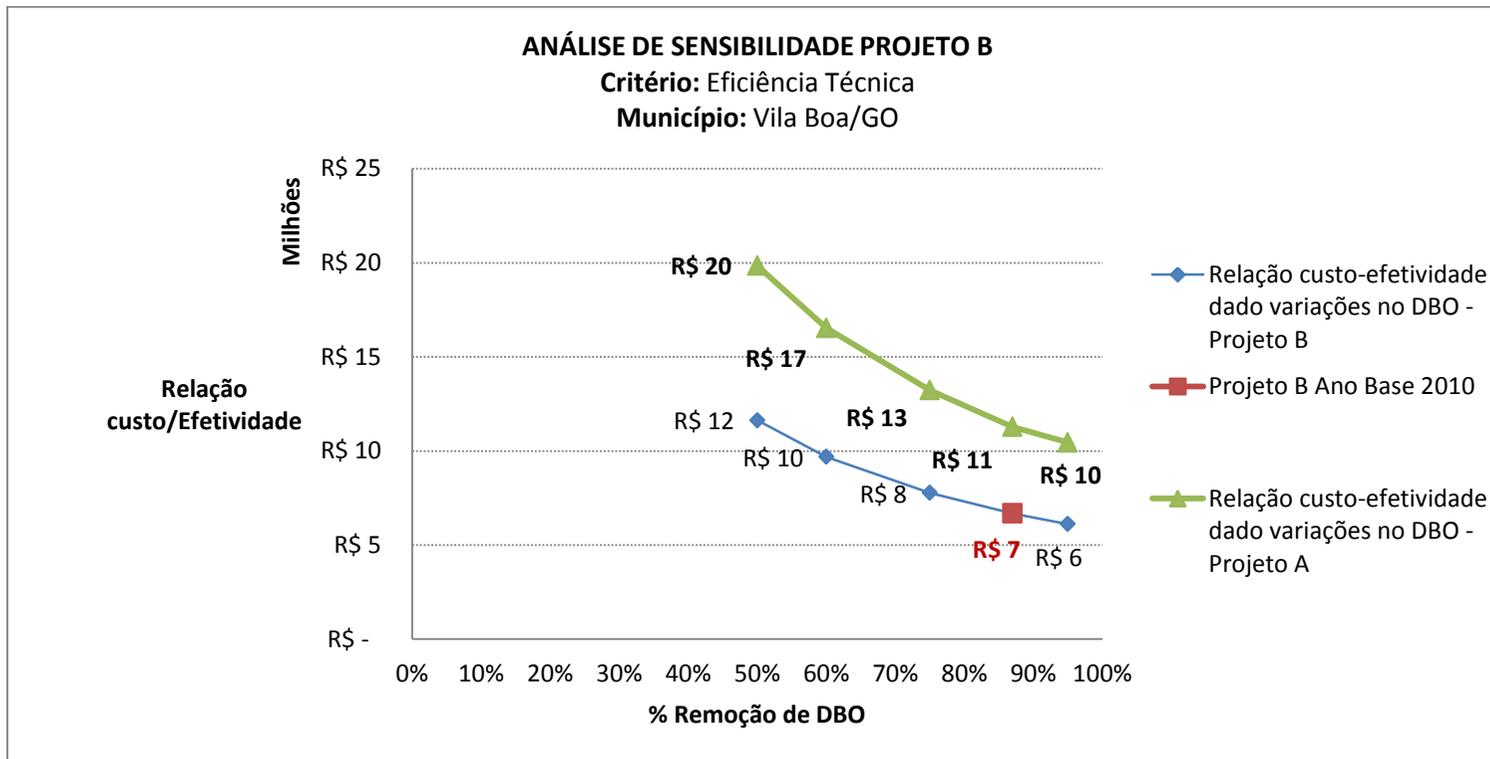
Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 14 - Gráfico da Análise de Sensibilidade - Município: Corumbá de Goiás/GO



Fonte: Elaborado pela autora

Apêndice 15 - Gráfico da Análise de Sensibilidade - Município: Vila Boa/GO



Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE 16 - Sistema de Indicadores Conjunturais e de Efetividade

Atualmente, na literatura, é possível encontrar diversos significados e definições para indicadores, todos guardando certa similaridade. “Indicadores são ferramentas constituídas de variáveis que, associadas a partir de diferentes configurações, expressam significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem” (BRASIL, 2010a).

Duas funções básicas podem ser definidas para os indicadores, quais sejam:

“primeira é descrever por meio da geração de informações o estado real dos acontecimentos e o seu comportamento; a segunda é de caráter valorativo que consiste em analisar as informações presentes com base nas anteriores de forma a realizar proposições valorativas” (BRASIL, 2010b).

Ainda segundo Jannuzzi (2003):

“Um indicador social é uma medida em geral quantitativa dotada de significado social substantivo, usado para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito social abstrato, de interesse teórico (para a pesquisa acadêmica) ou pragmático (para formulação de políticas). É um recurso metodológico, empiricamente referido, que informa algo sobre um aspecto da realidade social ou sobre mudanças que estão se processando na mesma.”

A *Organisation for Economic Cooperation and Development* – OECD (1997) definiu indicador como um parâmetro ou um valor derivado de parâmetros, que apontam, fornecem informações ou descrevem o estado do meio ambiente, cujo significado vai além daquele associado diretamente ao valor do parâmetro. O termo pode abranger indicadores de estado, de pressão ambiental e de resposta.

Um Sistema de Indicadores constitui um conjunto de indicadores que se referem a um determinado tema, realidade social ou área de intervenção governamental JANNUZZI (2003).

Neste contexto, os indicadores podem ser utilizados nos diferentes estágios da formulação de políticas públicas, ou seja: **antes da implementação** – no diagnóstico da situação, no subsídio da definição do problema, no desenho de uma política e na fixação das referências que se deseja modificar; **durante sua operacionalização** – para monitoramento e avaliação da execução, revisão do planejamento e correção de desvios; e após a execução da política pública – **para avaliação de alcance das metas**, dos resultados no público-alvo e dos impactos verificados na sociedade.

A experiência brasileira, com a utilização de sistemas de indicadores, demonstra a importância do uso de indicadores para os processos de planejamento, avaliação e monitoramento de programas e tem sido amplamente utilizado para

avaliar o desempenho de políticas e processos com o maior grau de objetividade possível, bem como, monitorar as condições de vida e o bem-estar da população e permitem, ainda, o aprofundamento da pesquisa acadêmica sobre os diversos fenômenos sociais.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE utiliza o sistema de indicadores com o objetivo de gerar índices que permitam acompanhar a evolução conjuntural relacionada, dentre outras, nas áreas do Trabalho e Rendimento, Agropecuária, Indústria, Serviços e Contas Nacionais. A experiência do IBGE na elaboração desses índices tem origem na década de 70 e suas revisões periódicas baseiam-se nas pesquisas realizadas junto a cada grupo em estudo e tem fundamental importância, pois tem a capacidade de indicar o comportamento efetivo das variáveis em estudo.

Desde 2007, o Ministério do Meio Ambiente - MMA, a partir do acúmulo de conhecimento e de ações realizadas em diferentes secretarias e de suas vinculadas - Agência Nacional de Água - ANA e Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e Instituto Chico Mendes da Biodiversidade - ICMBIO, trabalha com indicadores ambientais com o objetivo de disponibilizar à sociedade brasileira um panorama das diversas áreas temáticas de atuação do ministério. Outro objetivo é o acompanhamento periódico da gestão ambiental brasileira tendo em vista que os indicadores possibilitam avaliar o estado do meio ambiente, favorecendo o melhor encaminhamento das tomadas de decisões e o fomento s políticas de gestão ambiental em diferentes níveis.

No banco de indicadores para gestão dos recursos hídricos do estado de São Paulo Gestão, 2013, publicado pela Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, os autores destacam que a adoção de indicadores ambientais visa resumir as informações de caráter técnico e científico para transmiti-las de forma sintética, preservando o essencial dos dados originais na forma de uma representação quantitativa e qualitativa das informações que são necessárias e úteis para a tomada de decisão. Assim os indicadores possibilitam que a informação seja mais facilmente compreendida por parte de gestores, administradores públicos, usuários e pelo público em geral.

Desta forma, por permitirem objetividade e sistematização das informações, os indicadores facilitam o monitoramento e a avaliação periódica, sendo bastante

uteis em análise nas quais se comparam informações de uma série histórica de dados.

Segundo Costa, Nascimento e Mendes Costa (2011) uma das estruturas conceituais sobre indicadores mais utilizadas é o modelo PER-Pressão/Estado/Resposta. Esse modelo foi formulado pelo *Statistics Canada* e posteriormente adotado pela OECD. Fundamenta-se em um marco conceitual que aborda os problemas ambientais segundo uma relação de causalidade.

Os indicadores ambientais desenvolvidos pelo modelo PER buscam responder a três questões básicas: O que está acontecendo com o ambiente? (Estado). Por que isso ocorre? (Pressão). O que a sociedade está fazendo a respeito? (Resposta). Pressões antrópicas referem-se às forças atuantes sobre o meio ambiente, podendo ser de caráter direto (extração ou retirada de matéria prima), ou de caráter indireto (introdução de espécies exóticas, mudanças de habitats). Por outro lado, os indicadores de estado irão sinalizar a situação e a dinâmica dos recursos ambientais, e os indicadores de resposta referem-se à eficácia da ação humana na busca de resolução de problemas ambientais.

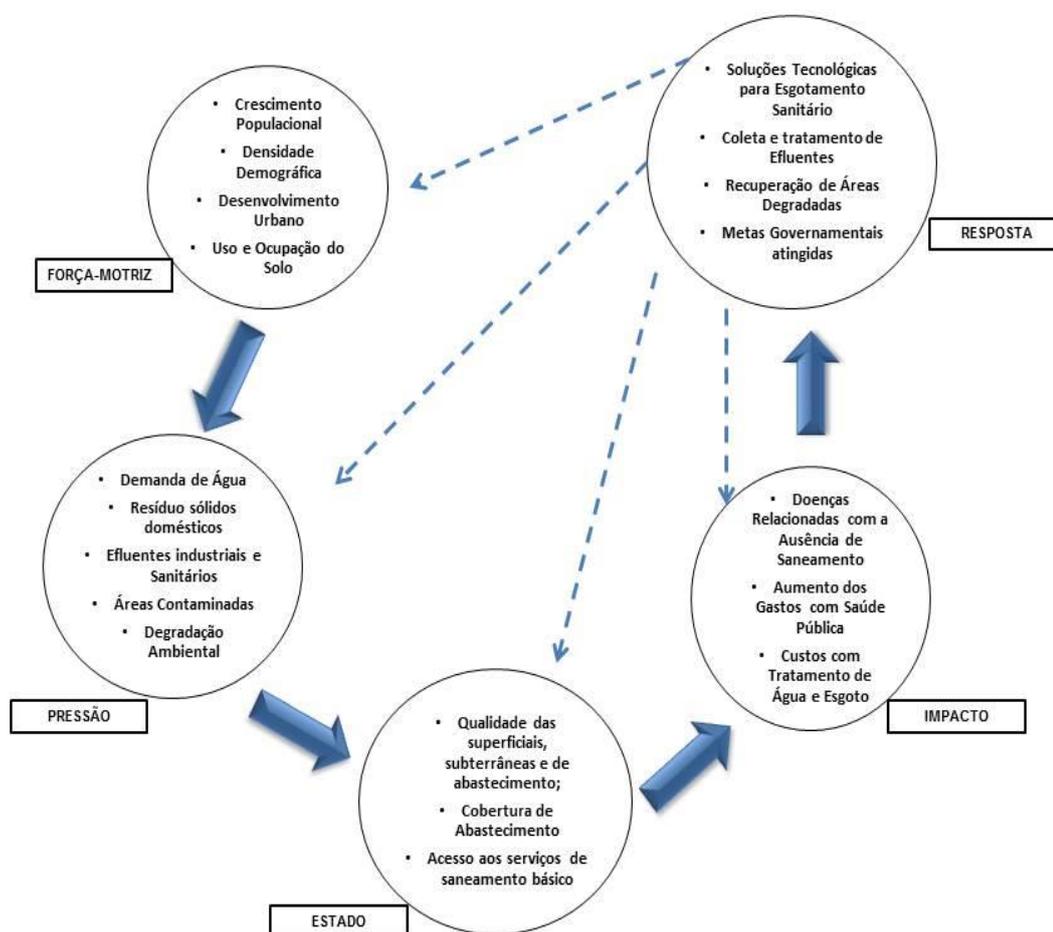
O Projeto *Global Environment Outlook* - GEO lançado em 1977 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, para atender aos princípios da Agenda 21, inova ao elaborar os Relatórios Perspectivas do Meio Ambiente Mundial a partir da estrutura de avaliação ambiental PEIR – Pressão/Estado/Impacto/Resposta. Impacto, são os indicadores que medem as consequências da degradação ambiental sobre o homem e em seu entorno. Outra variante do modelo PER, é aquela denominada de FER, que substitui a pressão pela força motriz (F), e foi adotada pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas em 1995.

Partindo da estrutura PER, a *European Environment Agency* – EEA desenvolveu uma estrutura denominada de Forças motrizes / Pressão / Estado / Impacto/ Resposta – FPEIR. Este método considera a inter-relação de cinco categorias de indicadores: **Forças-Motrizes** (atividades antrópicas, como o crescimento populacional e econômico, a urbanização e a intensificação das atividades humanas que provocam impacto sobre o meio ambiente) produzem; **Pressões** no meio ambiente (como a emissão de poluentes e a geração de resíduos), as quais podem afetar seu **Estado**, o que, por sua vez, poderá acarretar

Impactos na saúde humana e nos ecossistemas, levando a sociedade (Poder Público, população em geral, organizações, etc.) a emitir **Respostas**, na forma de medidas que visam reduzir as pressões diretas ou os efeitos indiretos no Estado do ambiente.

A figura 14 apresenta o ensaio para um inter-relacionamento de variáveis sugerido para a análise e caracterização da amostra de projetos de esgotamento sanitário.

Figura 14 - Exemplo de inter-relacionamento de variáveis para análise de projetos



Fonte: Adaptado pela autora (metodologia FPEIR/ European Environment Agency – AEE)