



## II-645 - METODOLOGIA PARA PRIORIZAÇÃO ESTRATÉGICA DE PROJETO DE APROVEITAMENTO DE LODO PROVENIENTE DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO – CASE BAHIA

### **Quize Maia da Costa**<sup>(1)</sup>

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestranda em Meio Ambiente, Águas e Saneamento na Escola Politécnica da UFBA.

### **Alisson Meireles Brandão**<sup>(2)</sup>

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), doutorando em Engenharia Industrial na Escola Politécnica da UFBA e pesquisador da Rede Teclim. Funcionário da Empresa Baiana de Águas e Saneamento – EMBASA com experiência em Desenvolvimento de Projetos de gestão de ativos no saneamento, tecnologias limpas, meio ambiente, reuso de água, qualidade da água e saneamento ecológico.

### **Eduardo Henrique Borges Cohim Silva**<sup>(3)</sup>

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestre em Tecnologias Limpas pela Escola Politécnica da UFBA, doutor em Energia e Meio Ambiente pela Escola Politécnica da UFBA, e Professor Titular da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

### **Francisco Ramon Alves do Nascimento**<sup>(4)</sup>

Engenheiro Ambiental pela Faculdade de Tecnologia e Ciências (FTC), Mestre e Doutor em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA e Professor permanente no Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento (MAASA/EPUFBA).

### **Jamile Gonsalves de Oliveira Santos**<sup>(5)</sup>

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Faculdade de Ciência e Tecnologia ÁREA1 DeVry, Mestre em Meio Ambiente, Águas e Saneamento pelo Programa de Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento (MAASA/UFBA), doutoranda em Engenharia Industrial na Escola Politécnica da UFBA.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: 4ª Avenida, nº 420 - Centro Administrativo da Bahia, Salvador - BA, 41745-002 - Brasil - Tel: +55 (71) 3372 – 4656 - e-mail: [quizemaia@gmail.com](mailto:quizemaia@gmail.com).

## **RESUMO**

A prestação de serviços de saneamento básico em áreas de significativa cobertura territorial e diversidade socioambiental torna o papel das instituições prestadoras, quer sejam titulares ou concessionárias, mais desafiador. Estas características exigem dos gestores, além da resiliência tecnológica, atuação estratégica, haja vista que grandes territórios demandam grandes investimentos e esta pluralidade implica necessariamente em maior esforço para que o saneamento básico possa alcançar a todos em qualidade equivalente. A forma de enfrentamento ou planejamento da atuação das instituições prestadoras de serviços de saneamento precisa ser tão desenvolvida quanto possível e reconhecendo as limitações vivenciadas pelo setor que demanda sustento e ampliação em igualdade de importância, a procura por ferramentas que favoreçam uma gestão mais eficiente torna-se um diferencial para as instituições e empresas de saneamento básico no exercício do papel que lhes cabe.

Nesta investida o presente estudo apresenta o desenvolvimento de metodologia específica para Priorização Estratégica de Projetos de Aproveitamento de Lodo de ETE a partir de diagnóstico consolidado do potencial desse aproveitamento. O potencial desta metodologia se destaca na possibilidade de organização gerencial de espaços geopolíticos de significativa escala além da estruturação de plano de ação de forma gradativa pautada na racionalização de critérios técnicos, sociais, econômicos e ambientais no enfrentamento da questão inerente ao manejo do lodo de ETE.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgotamento Sanitário, Lodo de ETE, Estações de Tratamento de Esgoto, Aproveitamento de Subprodutos, Biossólidos.



## INTRODUÇÃO

O Novo Marco Legal do Saneamento, que altera a Lei Federal nº 11.445/2007, estabelece para o ano de 2033 que a cobertura no atendimento de esgotamento sanitário deve chegar a 90%. O alcance dessa meta se mostra um desafio sob vários aspectos incluindo os relacionados ao manejo adequado dos subprodutos do tratamento do esgoto coletado, aumentados significativamente em quantidade com o aumento da cobertura. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, o cenário nacional registra que metade da população do país sequer dispõe de rede coletora de esgoto e o cenário estadual na Bahia registra condição ainda mais delicada.

Para o componente do saneamento que referencia resíduos sólidos a situação dos sistemas de manejo não se mostra menos desafiadora. A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída por meio da Lei Nacional nº 12.305/2010, condiciona a possibilidade de disposição final (uso de aterro sanitário como solução para destino dos resíduos sólidos gerados) apenas para a parcela classificável como rejeito – fração do resíduo sem viabilidade técnica, econômica ou ambiental para um destino mais nobre. Segundo a Associação Brasileira de Limpeza Pública os aterros sanitários respondem pela destinação final de 58% de todo o resíduo produzido no Brasil. Somado a este fator se encontra a limitação na disponibilidade de terras para implantação deste equipamento e todos os riscos latentes que uma operação mal praticada pode impor tanto ao ambiente quanto às formas de vida que nele coabitam.

No estado da Bahia foi finalizado em 2023 um estudo que avaliou o potencial de aproveitamento de lodo gerado em sistemas de tratamento de esgoto doméstico – subproduto do tratamento classificado como resíduo sólido. O estudo determinou, para 04 modalidades distintas (indústria ceramista, indústria cimenteira, agricultura e recuperação de áreas degradadas), e por meio de balanço de massa entre o potencial demandado e o potencial ofertado, o potencial de aproveitamento do lodo de ETE em esferas estratégicas para o manejo eficiente, entre estas a esfera municipal constituindo, portanto relevante ferramenta de gestão.

Nesta investida o estudo desenvolveu metodologia específica para Priorização Estratégica de Projetos de Aproveitamento de Lodo de ETE. O potencial desta metodologia se destaca na possibilidade de organização gerencial de espaços geopolíticos de significativa escala além da estruturação de plano de ação de forma gradativa pautada na racionalização de critérios técnicos, sociais, econômicos e ambientais no enfrentamento da questão inerente ao manejo do lodo de ETE.

## OBJETIVOS

A imperatividade no enfrentamento da questão inerente ao manejo eficiente do lodo gerado no tratamento do esgoto sanitário se agrava quando considera o atendimento das metas definidas pelo Novo Marco Legal do Saneamento, também presentes nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.

A oportunidade reconhecida na promoção de melhoria da eficiência dos processos produtivos das empresas de saneamento por meio de desenvolvimento de metodologias se destaca em sua replicabilidade em territórios com características similares:

- Significativa área de cobertura e atuação;
- Diversidade no uso e ocupação do solo;
- Necessidade constante por resiliência tecnológica.

Pautando-se nos resultados alcançados pelo diagnóstico do potencial de aproveitamento do lodo de ETE, a metodologia desenvolvida e ora apresentada avalia, por modalidade estudada, os potenciais que demonstram melhor representatividade e dentre estes aquele com a melhor classificação de prioridades por meio de pontuação definida em análise multicritério.

Dessa forma, o objetivo desta metodologia é criar uma ferramenta de suporte à decisão para Priorização Estratégica de Projetos de Aproveitamento de Lodo de ETE. O produto integra ainda uma das ações propostas em projeto de cooperação técnica firmado entre a empresa de saneamento do estado da Bahia e uma organização interamericana de

cooperação para apoiar a ampliação da capacidade técnica e institucional da primeira nos processos de universalização e aperfeiçoamento da prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em seu território de atuação.

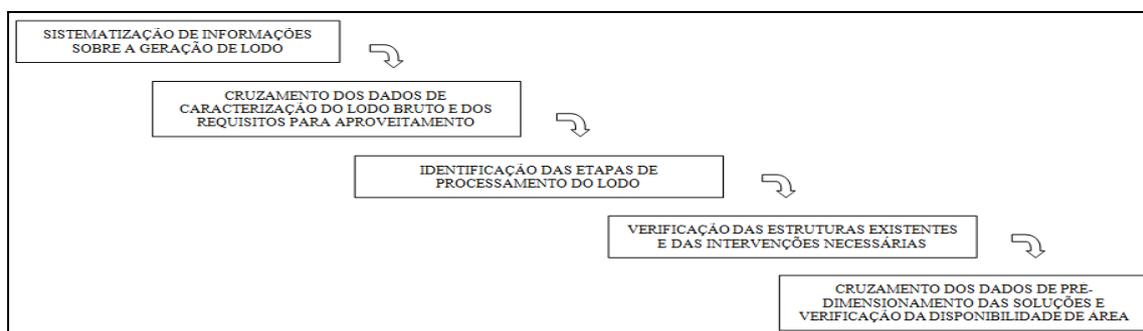
## METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia proposta foi construída por meio do processamento e análise do diagnóstico do potencial de aproveitamento determinado para um conjunto de 375 Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs distribuídas em território equivalente a 567,3 km<sup>2</sup>. Partindo desse diagnóstico, as ETEs e suas áreas de incidência foram discriminadas por modalidade de potencial de aproveitamento diagnosticado a fim de que cada modal pudesse fornecer uma proposta representativa. A discriminação considerou, para áreas com diversidade vocacional e potenciais de aproveitamento significativos, critérios ambientais, econômicos e técnicos para validação da representatividade de cada proposta (área e modalidade) avaliada.



**Figura 01: Fluxograma de validação da representatividade das áreas e suas modalidades.**

Uma vez legitimadas as quatro propostas representativas com suas respectivas modalidades de aproveitamento, realizou-se um Estudo de Solução Efetiva que avaliou em detalhe, para cada área/modalidade, a dinâmica de transportes do lodo, as técnicas de beneficiamento e os custos de implantação e operação com pré-dimensionamento das unidades de tratamento necessárias. Este estudo forneceu subsídio para a análise multicritério que aponta a área prioritária estrategicamente selecionada.



**Figura 02: Etapas para cumprimento do Estudo de Solução Efetiva.**

A Análise Multicritério, empregada para escolha da área prioritária e que contou com o resultado do Estudo de Solução Efetiva para cada área representativa perseguiu o padrão da inter-relação entre critérios técnicos, critérios, socioambientais, critérios econômico-financeiros e critérios estratégicos:



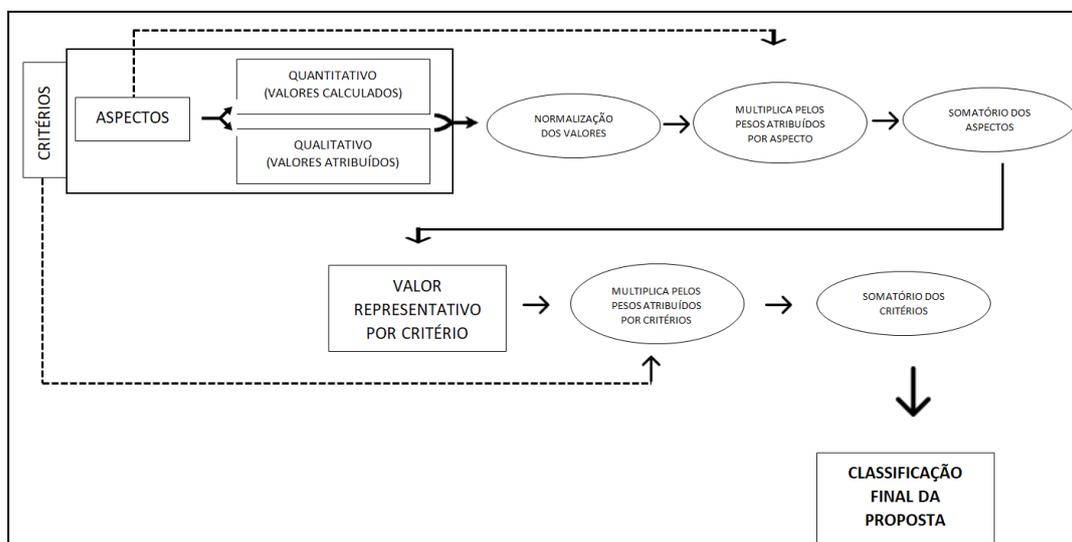
**Figura 03: Esquematização dos fatores da Análise Multicritério.**

Os critérios aplicados na análise tiveram natureza classificáveis em quantitativas, para os quais a valoração resultante respalda o valor do atribuído ao critério e em qualitativas, para os quais a valoração resultante precisou ser convencionalizada a partir da importância de seus aspectos no objeto proposto. A análise de inter-relação entre critérios de aspectos quantitativos e qualitativos demandou ainda a normalização ( $X_i$ ) dos valores atribuídos aos seus respectivos aspectos ( $R_i$ ) de modo que pudessem ser comparados. A normalização considerou os valores máximo e mínimo ( $R_{min}$  e  $R_{max}$ ) dentro do intervalo estabelecido para o aspecto avaliado:

$$X_i = \frac{R_i - R_{min}}{R_{max} - R_{min}} * \text{Intervalo Normalizado} \quad \text{equação (01)}$$

Para cada aspecto avaliado (quantitativos e qualitativos) foram atribuídos pesos escalonados de 1 a 3 para determinação da relevância do aspecto no âmbito de cada critério. O valor normalizado de cada aspecto qualitativo foi também multiplicado pelo respectivo peso atribuído, e, subsequentemente, os resultados foram somados, obtendo o valor representativo para cada critério.

Para a composição da classificação final, os valores alcançados pela soma dos critérios multiplicados pelo peso global ele atribuído, variando em escala de 1 a 3. A ordem de priorização dos projetos avaliados é definida pelo desempenho dos projetos considerando o somatório nos critérios ponderados.



**Figura 04: Modelagem metodológica para definição e valoração de aspectos e critérios .**

## RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

A metodologia desenvolvida para priorização estratégica de projeto de aproveitamento de lodo foi aplicada ao território de atuação da empresa de saneamento básico atuante no estado da Bahia, resultando no *case* ora apresentado.

Partindo-se da conclusão do diagnóstico realizado, foram indicadas nove ETEs e suas respectivas modalidades e áreas de incidência:

- ETE Barreiras: Agricultura, RAD, Indústria Ceramista;
- ETE Subaé: Agricultura;
- ETE Vitória da Conquista: Agricultura, Indústria Ceramista;
- ETE Jacuípe II: Agricultura;
- ETE Jacuípe I: Agricultura;
- ETE Luís Eduardo Magalhães: Agricultura, RAD;
- ETE Teixeira de Freitas: Agricultura, Indústria Ceramista;
- ETE Vida Nova: Indústria Cimenteira;
- ETE Cidade Nova I: Indústria Cimenteira

A análise de validação das áreas indicadas, segundo critérios ambientais, econômicos e técnicos resultou nas seguintes propostas selecionadas por modalidade:

- Modalidade Agrícola: ETE Vitória da Conquista

CRITÉRIO	ASPECTO	PESO	PONTUAÇÃO			RESULTADOS		
			VITÓRIA DA CONQUISTA	BARREIRAS	SUBAÉ	VITÓRIA DA CONQUISTA	BARREIRAS	SUBAÉ
Ambiental	Possui licença vigente para operação	3	3	3	3	9	9	9
	Forma de destinação atual do lodo	1	1	1	1	1	1	1
Econômico	Distância entre ETE e ponto de aplicação	1	1	1	1	1	1	1
	Potencial de aproveitamento	3	3	3	3	9	9	9
	Nível de desenvolvimento	1	3	3	3	3	3	3
Técnico	Frequência de remoção de lodo	2	3	3	1	6	6	2
	Número de propriedades demandantes	2	3	3	3	6	6	6
	Facilidade de operação do sistema	2	3	2	2	6	4	4
<b>RESULTADO</b>						<b>41</b>	<b>39</b>	<b>35</b>
<b>RANQUEAMENTO</b>						<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>

Figura 05: Análise de validação da ETE para modalidade Agrícola.

- Recuperação de Área Degradada: ETE Barreiras



CRITÉRIO	ASPECTO	PESO	PONTUAÇÃO		RESULTADOS	
			BARREIRAS	LEM	BARREIRAS	LEM
Ambiental	Possui licença vigente para operação	3	3	3	9	9
	Forma de destinação atual do lodo	1	1	1	1	1
Econômico	Distância entre ETE e ponto de aplicação	1	2	1	2	1
	Potencial de aproveitamento	3	3	3	9	9
	Nível de desenvolvimento	1	3	3	3	3
Técnico	Frequência de remoção de lodo	2	3	3	6	6
	Número de propriedades demandantes	2	3	3	6	6
	Facilidade de operação do sistema	2	2	1	4	2
<b>RESULTADO</b>					<b>40</b>	<b>37</b>
<b>RANQUEAMENTO</b>					<b>1º</b>	<b>2º</b>

Figura 06: Análise de validação da ETE para modalidade RAD.

- Modalidade Indústria Cimenteira: Regionalização com ETEs de Feira de Santana e Senhor do Bonfim

CRITÉRIO	ASPECTO	PESO	PONTUAÇÃO			RESULTADOS		
			GESTÃO REGIONALIZADA (UNF + UNS)	VIDA NOVA	CIDADE NOVA I	GESTÃO REGIONALIZADA (UNF + UNS)	VIDA NOVA	CIDADE NOVA I
Ambiental	Possui licença vigente para operação	3	3	3	1	9	9	3
	Forma de destinação atual do lodo	1	3	3	3	3	3	3
Econômico	Distância entre ETE e ponto de aplicação	1	1	2	1	1	2	1
	Potencial de aproveitamento	3	3	3	3	9	9	9
	Nível de desenvolvimento	1	3	1	1	3	1	1
Técnico	Frequência de remoção de lodo	2	1	1	1	2	2	2
	Número de propriedades demandantes	2	-	-	-	0	0	0
	Facilidade de operação do sistema	2	3	1	1	6	2	2
<b>RESULTADO</b>					<b>33</b>	<b>28</b>	<b>21</b>	
<b>RANQUEAMENTO</b>					<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>	

Figura 07: Análise de validação da ETE para modalidade Indústria Cimenteira.

- Modalidade Indústria Ceramista: ETE Teixeira de Freitas



CRITÉRIO	ASPECTO	PESO	PONTUAÇÃO			RESULTADOS		
			VITÓRIA DA CONQUISTA	BARREIRAS	TEIXEIRA DE FREITAS	VITÓRIA DA CONQUISTA	BARREIRAS	TEIXEIRA DE FREITAS
Ambiental	Possui licença vigente para operação	3	3	3	3	9	9	9
	Forma de destinação atual do lodo	1	1	1	3	1	1	3
Econômico	Distância entre ETE e ponto de aplicação	1	3	3	3	3	3	3
	Potencial de aproveitamento	3	-	-	3	-	-	9
	Nível de desenvolvimento	1	3	3	3	3	3	3
Técnico	Frequência de remoção de lodo	2	3	3	2	6	6	4
	Número de propriedades demandantes	2	2	1	1	4	2	2
	Facilidade de operação do sistema	2	3	2	1	6	4	2
<b>RESULTADO</b>						<b>32</b>	<b>28</b>	<b>35</b>
<b>RANQUEAMENTO</b>						<b>2º</b>	<b>3º</b>	<b>1º</b>

Figura 08: Análise de validação da ETE para modalidade Indústria Cimenteira.

Uma vez validada a ETE representativa de cada modalidade, foi realizado o Estudo de Solução Efetiva para aproveitamento do lodo tendo como parâmetros de análise: a dinâmica de transporte, a necessidade de beneficiamento do lodo e o detalhamento dos custos de implantação e operação. Os resultados desse estudo subsidiam principalmente a análise dos aspectos econômico-financeiros da análise multicritério.

ETE	POTENCIAL	SISTEMA EXISTENTE	COMPLEMENTAÇÃO PROPOSTA	CAPEX	OPEX	VPL	INDICADOR 1	INDICADOR 2	POSIÇÃO
	(kgST/ano)			R\$	R\$/ano	R\$	R\$/m <sup>3</sup> Lodo Destinado	R\$/m <sup>3</sup> Esgoto Tratado	
VITÓRIA DA CONQUISTA	201.863	Desaguamento	Desaguamento + Higienização	R\$ 524.428	R\$ 321.795	R\$ 3.214.666	222,9	0,307	1
BARREIRAS	55.358	Desaguamento	Desaguamento + Higienização	R\$ 221.449	R\$ 202.711	R\$ 1.916.127	484,6	0,334	2
TEIXEIRA DE FREITAS	12.801	Desaguamento	Desidratação	R\$ 148.914	R\$ 150.660	R\$ 1.408.445	5.611,4	1,061	3
VIDA NOVA	11.790	Desaguamento	Desaguamento + Secagem térmica	R\$ 74.913	R\$ 147.272	R\$ 1.306.122	9.039,7	2,157	4

Figura 09: Estudo de Solução Efetiva (aspectos econômico-financeiros para escolha da Área Preferencial)

A análise multicritério, etapa final que resulta na priorização estratégica dos projetos de aproveitamento do lodo de ETE, considerou os seguintes processos:

- Análise de Critérios Socioambientais: diferentes aspectos são considerados retratando o desempenho da proposta em relação aos seus efeitos negativo e positivo. Para estes aspectos foram consideradas tanto as performances dos sistemas de beneficiamento quanto às práticas de aproveitamento de lodo.



ASPECTO	PESO	DEFINIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO		
			Classificação	Índice	Descrição
Complexidade de Articulação	1	Estimativa qualitativa da necessidade de articulação de diferentes partes interessadas. Considera a quantidade de partes interessadas e sua natureza (pessoas físicas, jurídicas e órgãos públicos).	Baixa	1	Pouca necessidade de articulação
			Média	2	Maior necessidade de articulação, porém baixa complexidade
			Alta	3	Maior necessidade de articulação
Benefício Ambiental	3	Estimativa qualitativa dos benefícios ambientais para o aproveitamento e disposição do lodo/biossólido	Alta	1	Espera-se considerável ganho ambiental
			Média	2	Espera-se moderado ganho ambiental
			Baixa	3	Não é esperado considerável ganho ambiental
Benefício Social	3	Estimativa qualitativa dos benefícios esperados do aproveitamento do lodo/biossólido na modalidade proposta para a população e região do projeto	Alta	1	Espera-se considerável desenvolvimento econômico e social da região
			Média	2	Espera-se desenvolvimento econômico pontual
			Baixa	3	Não é esperado considerável desenvolvimento social ou econômico da região
Potencial Poluidor	2	Potencial poluidor atrelado ao uso indicado para o lodo/biossólido (por exemplo, a contaminação do solo no uso agrícola; lixiviação de contaminantes no uso em cerâmicas; aumento de emissões gasosas nos processos de coprocessamento)	Alta	1	Elevado potencial poluidor durante a realização do uso
			Média	2	Médio potencial poluidor durante a realização do uso
			Baixa	3	Baixo potencial poluidor durante a realização do uso
Transtornos à população (odores e ruídos)	2	Risco de haver impactos negativos sobre a população dentro da área de influência do projeto de aproveitamento do lodo/biossólido (por exemplo, maus odores; excesso de ruídos; atração de vetores; degradação da qualidade do ar)	Baixa	1	Pouco risco de causar transtorno à população
			Média	2	Médio risco de causar transtorno a população, ou causar transtornos em momentos pontuais
			Alta	3	Risco de causar transtornos severos ou frequentes à população
Interferência em recursos naturais (Flora/Fauna e Recursos Hídricos)	2	Risco de gerar impactos sobre recursos naturais durante a execução do projeto de aproveitamento de lodo/biossólido (por exemplo, prejuízos à flora e fauna; degradação da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos)	Baixa	1	Baixo risco de impacto sobre os recursos naturais
			Média	2	Médio risco de impacto sobre os recursos naturais ou impacto de fácil mitigação/ remediação
			Alta	3	Alto risco de causar impactos ambientais ou impactos de difícil mitigação/ remediação
Inserção em economia circular	3	Potencial de ser inserido dentro de um contexto de economia circular, que busca favorecer a reinserção de resíduos na cadeia produtiva (por exemplo, aproveitamento agrícola dos nutrientes do lodo, aproveitamento energético do lodo)	Baixa	1	Elevado potencial de inserir os resíduos na cadeia produtiva
			Média	2	Moderado potencial de inserir os resíduos na cadeia produtiva
			Alta	3	Baixo potencial de inserir os resíduos na cadeia produtiva
Risco de exposição do usuário	2	Risco de haver exposição do usuário do lodo/biossólido durante a execução do processo de aproveitamento (por exemplo, contato do lodo/biossólido com agricultores, contato do lodo/biossólido com funcionários de indústria)	Baixa	1	Baixo risco de exposição
			Média	2	Médio risco de exposição
			Alta	3	Alto risco de exposição

**Figura 10: Análise dos Critérios Socioambientais**

- Análise de Critérios Econômico-Financeiros: os aspectos estão relacionados com a conexão entre as práticas de aproveitamento de lodo previstas e as pautas em atenção na sociedade, que podem fazer parte do leque de preocupação e interesses de atores chave no setor. Quanto maior a conexão maior o valor indicando a maior aceitabilidade e atratividade para investimentos e/ou anuência a estas ações.



ASPECTO	PESO	DEFINIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO		
Estimativa de CAPEX	3	Despesas de capital totais	Menor ao maior CAPEX		
Estimativa de OPEX	3	Despesas operacionais anuais	Menor ao maior OPEX		
Custo unitário	1	Custo anualizado por metro cúbico, considerando CAPEX e OPEX. Premissa de anualização do CAPEX + OPEX em 10 anos e 6% de inflação ao ano	Menor ao maior custo unitário		
Custo Atual da Disposição	2	Estimativa das despesas operacionais anuais de transporte e destinação do lodo a aterro sanitário, tendo em vista os processos de tratamento implantados	Menor ao maior custo unitário		
Possibilidade de arrecadação de recursos externos	1	Estimativa qualitativa da possibilidade de arrecadação de recursos externos, participação em programas governamentais e/ou internacionais e projetos de infraestrutura	Alta	1	O projeto tem características com alto potencial para se enquadrar em programas de arrecadação de recursos externos
			Média	2	O projeto tem características com médio potencial para se enquadrar em programas de arrecadação de recursos externos
			Baixa	3	O projeto tem características com alto potencial para se enquadrar em programas de arrecadação de recursos externos
Potencial de visibilidade positiva	1	Conexão dos benefícios propiciados em relação a pautas de grande visibilidade/preocupação para a sociedade, contribuindo para a imagem positiva da EMBASA	Alta	1	O projeto tem características com alto potencial de visibilidade
			Média	2	O projeto tem características com médio potencial de visibilidade
			Baixa	3	O projeto tem características com baixo potencial de visibilidade

**Figura 11: Análise dos Critérios Econômico-Financeiros**

- Análise de Critérios Técnicos: os aspectos são avaliados conforme o grau de complexidade que empregam aos projetos sendo a melhor avaliação atribuída aos menores graus de complexidade.



ASPECTO	PESO	DEFINIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO		
Potencial de aproveitamento de lodo	1	Geração de lodo estimada com potencial de aproveitamento (ton/ano)	Aspectos quantitativo, classificado pela normalização de forma que o maior potencial obtenha a menor pontuação		
Área de Ocupação	1	Ocupação estimada para o sistema (m²)	Aspectos quantitativo, classificado pela normalização de forma que a menor ocupação obtenha a menor pontuação		
Complexidade Técnica	3	Avaliação qualitativa da necessidade de implantação de infraestrutura para adequação/ampliação do sistema de beneficiamento de lodo	Baixa	1	Utilização da capacidade total do sistema existente
			Média	2	Utilização de parte da capacidade do sistema existente
			Alta	3	Implantação de novo sistema
Demanda de Energia	2	Avaliação qualitativa da demanda de energia dos sistemas	Baixa	1	Consumo baixo
			Média	2	Consumo médio
			Alta	3	Consumo alto
Risco de Falhas	3	Avaliação qualitativa dos riscos envolvidos com a operação do sistema	Baixa	1	Demanda rotinas operacionais pontuais de monitoramento, com baixa susceptibilidade a interferências.
			Média	2	Demanda rotinas operacionais esporádicas, com moderada susceptibilidade a interferências
			Alta	3	Demanda rotinas operacionais diárias e eficiência susceptível a interferências
Complexidade Operacional	3	Avaliação qualitativa da complexidade operacional do sistema	Baixa	1	Não demanda treinamento especializado e operação esporádica
			Média	2	Demanda treinamento prévio, porém não necessita mão de obra altamente especializada para operação diária (técnicos, analistas)
			Alta	3	Demanda treinamento, além de pessoal especializado para a operação diária (engenheiros, químicos etc.)
Complexidade de Manutenção	2	Avaliação qualitativa da complexidade de manutenção do sistema	Baixa	1	Manutenções esporádicas com pessoal próprio, tais como pequenas obras e substituição de equipamentos de fácil obtenção
			Média	2	Manutenções que possam envolver pessoal especializado de fácil agendamento, tais como equipe própria, fornecedores (reposição de peças de fácil substituição) ou fácil verificação de falha de processo (laboratórios próprios)
			Alta	3	Manutenções que possam envolver pessoal especializado de difícil agendamento, tais como terceirizados (licitações), fornecedores (reposição de peças com critérios de funcionamento muito específicos) ou consultores (verificação de falhas de processo)
Tempo de implementação	1	Estimativa qualitativa do tempo esperado para a implementação do projeto-piloto. Considera aspectos construtivos e restrições temporais identificadas	Baixa	1	Implementação rápida devido a obras simples
			Média	2	Implementação requer obras extensas, com maior prazo de execução
			Alta	3	Existem restrições temporais que inviabilizam a implementação imediata do projeto

Figura 12: Análise dos Critérios Técnicos

- Análise de Critérios Estratégicos: os aspectos são avaliados considerando as singularidades dos projetos e a oportunidade de validação de soluções representativas de projetos.

ASPECTO	PESO	DEFINIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO		
Representatividade	1	Representatividade da solução frente às tipologias de ETE da EMBASA e tipo de aproveitamento do lodo diante das possibilidades para as demais unidades no Estado	Alta	1	Representatividade alta
			Média	2	Representatividade média
			Baixa	3	Representatividade baixa
Potencial da configuração para implantação de projeto piloto e levantamento de custos	1	Indica o potencial que a configuração da ETE oferece para testar e validar soluções relevantes para as operações da EMBASA em relação a todas as ETEs da empresa	Alta	1	Alto potencial
			Média	2	Médio potencial
			Baixa	3	Baixo potencial
Frequência de remoção do lodo	1	Avaliação da frequência de remoção de lodo	Alta	1	Continua ou Semanalmente
			Média	2	Plurisemanal
			Baixa	3	2 - 6 meses

Figura 13: Análise dos Critérios Estratégicos



## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados alcançados pelo estudo de Priorização Estratégica de Projetos de Aproveitamento de Lodo de ETE demonstram que a análise multicritério constitui uma ferramenta segura, confiável, de fácil entendimento e grande potencial replicador. O processo metodológico, iniciado com os dados do potencial de aproveitamento diagnosticado, estabelece cadencia lógica com procedimentos de validação intermediária e geração de informação subsidiária.

Esquematisando as etapas desenvolvidas na metodologia tem-se:

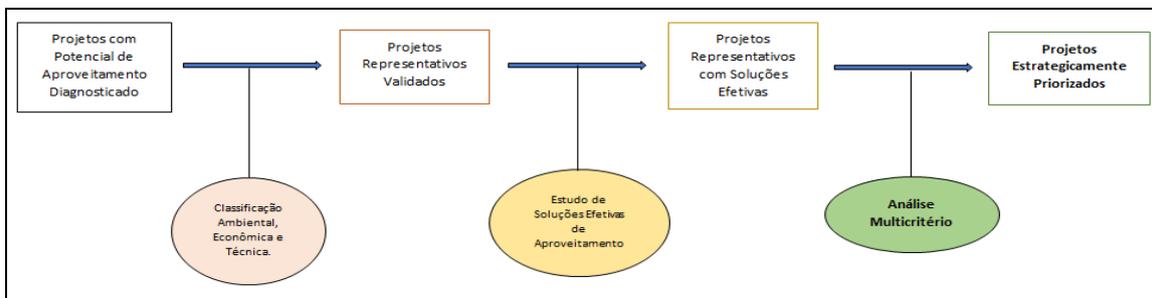


Figura 14: Fluxo de aplicação metodológica para Priorização de projetos

O estudo desenvolvido no *Case Bahia* demonstra o ordenamento dos projetos de forma estratégica. Os pesos atribuídos aos critérios representam, de forma consolidada, a importância dos aspectos analisados em cada critério e cujo somatório resultou na nota obtida.

CRITÉRIOS	PESO	APROVEITAMENTO AGRICULTURA	APROVEITAMENTO RAD	APROVEITAMENTO INDÚSTRIA CERAMISTA	APROVEITAMENTO INDÚSTRIA CIMENTEIRA
		VITÓRIA DA CONQUISTA	BARREIRAS	TEIXEIRA DE FREITAS	VIDA NOVA
SUBTOTAL AVALIAÇÃO SOCIOAMBIENTAL	1	8,00	6,50	6,50	9,00
		0,60	0,00	0,00	1,00
SUBTOTAL AVALIAÇÃO ECONOMICA	1	7,00	2,28	1,42	4,00
		1,00	0,15	0,00	0,46
SUBTOTAL AVALIAÇÃO TECNICA	1	1,00	7,97	6,90	15,00
		0,00	0,50	0,42	1,00
SUBTOTAL FATORES ESTRATÉGICOS	3	1,00	2,00	3,00	4,00
		0,00	0,33	0,67	1,00
RESULTADO DA AVALIAÇÃO		1,60	1,65	2,42	5,46
		0,00	0,01	0,21	1,00
CLASSIFICAÇÃO		1	2	3	4

Figura 15: Fluxo de aplicação metodológica para Priorização de projetos

Como ferramenta de gestão para empresas de saneamento atuantes em territórios de significativa extensão e heterogeneidade, a metodologia desenvolvida permite substantivar técnica, social, econômica e estrategicamente uma carteira de projetos que aproxima suas atividades do cumprimento de metas legalmente estabelecidas.

Atinente à metodologia desenvolvida cabe ainda destacar que o grau de diversidade na cesta de modalidades de aproveitamento enriquece a análise visto que, por se tratar avaliação conjunta de critérios variados e seus efeitos associados, quanto maior for quantidade de modais e seus critérios, mais ampla e interativa será a análise de seus aspectos.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Este trabalho é o produto de uma iniciativa da Empresa Baiana de Águas e Saneamento - Embasa para estruturar corporativamente o manejo planejado do lodo de ETE gerado em suas unidades promovendo, quando viável o



aproveitamento do material em usos mais nobres. O estudo desenvolvido é parte integrante do Projeto de Cooperação técnica firmado entre o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) e a Embasa.

O estudo validou a metodologia desenvolvida para auxílio na gestão de projetos de aproveitamento do lodo por meio de priorização estratégica estabelecendo inclusive, consonância com as práticas de sustentabilidade ambiental, social e de governança corporativa - ESG.

Assim sendo, este estudo subsidia o planejamento para adequação de projetos existentes e implantação de novos projetos de ETEs rumo à universalização, fornecendo ferramenta para orientação na tomada de decisões.

O estudo consolidou ainda o entendimento do potencial de atuação das empresas de saneamento no manejo do lodo de suas Estações de Tratamento de Esgoto fortalecendo a imparcialidade e transparência no desenvolvimento de novos projetos, considerando o escalonamento no avanço da pauta de forma planejada e pragmática.

Recomenda-se, portanto, a execução do primeiro teste piloto, considerando o projeto executivo com respectivas adequações, resultando na proposta apontada como forma de validação e apropriação do estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENDA 2030. (2015). ODS – Objetivos de desenvolvimento sustentável. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/home/agenda>>. Acesso 15 de fevereiro de 2024.
2. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>.
3. BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm)>.
4. BRASIL. Resolução CONAMA 498, 19 de agosto de 2020. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólidos em solos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 de agosto de 2020. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/component/sisconama/?view=atosnormativos>>.
5. BRASIL. SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Série Histórica. Água e Esgotos. 2022. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>>.
6. EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento. Estudo de Avaliação das Potencialidades de Reuso de Efluente Sanitário Tratado no Estado da Bahia. 2020.
7. FIEB - Federação das Indústrias do Estado da Bahia. Guia Industrial do Estado da Bahia. 2020. Disponível em: <<https://www.fieb.org.br/guia-industrial/>>
8. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. 2017. SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. Esgotamento Sanitário. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/pnsb-2017>>.
9. INEMA – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. CEFIR - Cadastro Estadual Florestal de Imóveis Rurais. 2020. Disponível em: <<http://mapa.geobahia.ba.gov.br/>>..