



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ELTON CÉSAR DOS SANTOS SILVA

**USO DE MULTIMETODOLOGIA PARA ANÁLISE ESTRATÉGICA NO
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Recife

2021

ELTON CÉSAR DOS SANTOS SILVA

**USO DE MULTIMETODOLOGIA PARA ANÁLISE ESTRATÉGICA NO
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gerência da Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Costa Moraes.

Recife

2021

Catálogo na fonte
Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

S586u	Silva, Elton César dos Santos. Uso de multimetodologia para análise estratégica no gerenciamento de resíduos sólidos / Elton César dos Santos Silva. – Recife, 2021. 76 f.: il., figs., quads., gráfs., e tabs. Orientadora: Profa. Dra. Danielle Costa Moraes. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2021. Inclui referências e apêndices. 1. Engenharia de produção. 2. Gestão de resíduos sólidos. 3. Lixões. 4. SODA. 5. GMCR. 6. Multimetodologia. I. Moraes, Danielle Costa (Orientadora). II. Título. UFPE 658.5 CDD (22. ed.) BCTG/2022-38
-------	---

ELTON CÉSAR DOS SANTOS SILVA

**USO DE MULTIMETODOLOGIA PARA ANÁLISE ESTRATÉGICA NO
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Gerência da Produção.

Aprovada em: 23/02/2021.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Danielle Costa Moraes (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Maisa Mendonça Silva (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Mischel Carmen Neyra Belderrain (Examinadora Externa)
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Dedico esse trabalho à minha mãe Maria do Socorro e a minha avó Maria Francisca por todo o amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, pelo dom da vida, por me fortalecer em todos os momentos de dificuldade, por tudo que me é permitido, e por essa conquista.

À minha família que sempre acreditou em mim, em especial aos meus pais, que com todas as dificuldades e mesmo não tendo tanto acesso à educação, sempre priorizaram os meus estudos e me mostraram que esse era o caminho.

À minha orientadora professora Danielle Morais, pela paciência, pela disponibilidade, pelos ensinamentos, e por ter me dado à liberdade necessária para que eu pudesse expressar as minhas ideias e realizar as minhas atividades acadêmicas.

As professoras membros da banca avaliadora, Maísa Mendonça e Mischel Carmen pelas sugestões que certamente foram de grande valia para o enriquecimento do trabalho.

Aos meus amigos e colegas do PPGEF a quem pude compartilhar minhas dificuldades e conquistas ao longo desse processo. Em especial Augusto Rodrigues e Jessyca Aires por todo o companheirismo e suporte.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro prestado durante todo o período do mestrado, possibilitando o desenvolvimento desse trabalho.

Por fim, à todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu pudesse alcançar esse objetivo.

RESUMO

A existência e o funcionamento de lixões ainda é um problema enfrentado por diversas cidades no Brasil. Por lei, todos os lixões do país deveriam ter sido fechados até 2014, prazo dado pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos. O funcionamento de lixões traz uma série de consequências para a sociedade, de caráter ambiental, social e econômico. Não diferente do cenário do país, o Estado de Pernambuco também se depara com o problema da existência e permanente utilização de lixões. Diante disso, é de grande importância que gestores públicos municipais e órgãos de fiscalização e controle estaduais investiguem ações urgentes que possam contribuir efetivamente para a mitigação e eventual resolução desse problema. Encerrar um lixão não é uma tarefa simples, pois tal situação caracteriza-se como um conflito, por envolver múltiplos decisores que possuem diferentes pontos de vista, opções e preferências. Com isso, essa pesquisa tem como objetivo desenvolver um modelo de decisão com o uso de multimetodologia, integrando o método de estruturação de problemas SODA (*Strategic Options Development and Analysis*) às fases iniciais de modelagem da abordagem de resolução de conflitos GMCR (*Graph Model for Conflict Resolution*). Este modelo proposto foi aplicada a um caso real, em um dos maiores lixões em operação do Estado de Pernambuco, localizado na cidade de Camaragibe, que faz parte da Região Metropolitana do Recife. Como resultado, foi possível ter uma melhor compreensão do problema do gerenciamento de resíduos sólidos no Estado de Pernambuco, assim como propor potenciais resoluções para o conflito. Este estudo ofereceu também contribuições sociais, ambientais e econômicas, pois, as recomendações propostas poderão ajudar os órgãos de fiscalização e controle e os municípios a lidarem melhor com esse problema, possibilitando a correta disposição final dos seus resíduos sólidos através da utilização de aterros sanitários. Além disso, esta pesquisa proporcionou informações para apoio a decisão que possam servir como base para outras regiões do Brasil que enfrentam uma situação semelhante.

Palavras-chave: gestão de resíduos sólidos; lixões; SODA; GMCR; multimetodologia.

ABSTRACT

The existence and operation of dumpsites is still a problem faced by several cities in Brazil. By law, all dumpsites in the country should have been shut down by 2014, a deadline given by the National Solid Waste Policy. The operation of dumpsites has environmental, social and economic consequences for society. Not unlike the scenario in the whole country, Pernambuco State also faces the problem of the existence and permanent use of dumpsites. Therefore, it is of great importance that municipal public managers and state inspection and control bodies investigate urgent actions that can effectively contribute to the mitigation and eventual resolution of such issue. Shutting a dumpsite down is not a simple task, as this situation is characterized as a conflict, once it involves multiple decision-makers who have different points of view, options and preferences. Thus, this research aims to apply a multimethodology through the integration of the problem structuring method SODA (*Strategic Options Development and Analysis*) to the initial modeling phases of the conflict resolution approach GMCR (*Graph Model for Conflict Resolution*). This proposed model was applied to a real case, in one of the largest dumpsites in operation in Pernambuco State, located in the city of Camaragibe, which is part of Recife Metropolitan Area. As a result, it was possible to obtain a better understanding of solid waste management problem in Pernambuco State, as well as, to propose potential resolutions for this conflict. This study also provided social, environmental and economic contributions, as the proposed recommendations may help the inspection and control bodies and the municipalities to better deal with this problem, enabling the correct final disposal of their solid waste through the use of landfills. Furthermore, this research provided information to support decision-making that may serve as a basis for other regions in Brazil that face a similar issue.

Keywords: solid waste management; dumpsites; SODA; GMCR; multimethodology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Definições dos Conceitos de Solução	27
Quadro 2 - Características dos Conflitos em que o SODA Foi Aplicado	32
Quadro 3 - Características dos Conflitos em que o GMCR Foi Aplicado	36
Quadro 4 - Diferenças entre Lixões, Aterros Controlados e Aterros Sanitários	39
Gráfico 1 - Geração de RSU no Brasil	41
Gráfico 2 - Disposição Final de RSU por Tipo de Destinação (Toneladas/Dia).....	41
Gráfico 3 - Disposição Final de RSU por Tipo de Destinação no Nordeste (Toneladas/Dia).....	42
Figura 1 - Etapas para Aplicação do Modelo Integrando o SODA ao GMCR	45
Figura 2 - Construto 2 do Tipo Opção Estratégica	52
Figura 3 - Construto 17 do Tipo Cauda	53
Figura 4 - Construto 12 do Tipo Cauda	54
Figura 5 - Construto 9 do Tipo Implosão	55
Figura 6 - Construto 7 do Tipo Implosão	56
Quadro 5 - Lista de Ações que Podem Ser Realizadas Pelos <i>Stakeholders</i>	57
Quadro 6 - Decisores e Respectivas Opções.....	58
Figura 7 - Estados com o Maior Número de Equilíbrios	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de Municípios por Tipo de Disposição Final Adotada	16
Tabela 2 - Lista de Construtos Separados por <i>Clusters</i> e Atores.....	51
Tabela 3 - Estados Possíveis	60
Tabela 4 - <i>Ranking</i> de Preferências	61
Tabela 5 - Alterações nos <i>Rankings</i> de Preferências dos Decisores	63
Tabela 6 - <i>Status Quo</i> vs. Estado Recomendado	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS
AHP	<i>ANALYTIC HIERARCHY PROCESS</i>
ASS	<i>ADDITIVE SCORING SYSTEM</i>
CELMM	COMPLEXO ESTAURINO LAGUNAR MUNDAÚ/MANGUABA
DM	<i>DECISION MAKER</i>
DST	<i>DEMPSTER-SHAFER THEORY</i>
ELECTRE	<i>ELIMINATION ET CHOIX TRADUISANT LA REALITÉ</i>
GDSS	<i>GROUP DECISION SUPPORT SYSTEM</i>
GMCR	<i>GRAPH MODEL FOR CONFLICT RESOLUTION</i>
GMR	ESTABILIDADE META-RACIONAL GERAL
ICMS	IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS E PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS
ISWA	<i>INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION</i>
MCDM	<i>MULTI-CRITERIA DECISION METHODS</i>
MOPSO	<i>MULTI-OBJECTIVE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION</i>
MPPE	MINISTÉRIO PÚBLICO DO PERNAMBUCO
PWAN	<i>PIANOSI AND WAGENER METHOD</i>
PLMO	PROGRAMAÇÃO LINEAR MULTI-OBJETIVO
PNRS	POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS
PO	PESQUISA OPERACIONAL
PRAD	PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS
PROMETHEE	<i>PREFERENCE RANKING ORGANIZATION METHOD FOR ENRICHMENT EVALUATION</i>
PSM	<i>PROBLEM STRUCTURING METHODS</i>
RMR	REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE
RS	RESÍDUOS SÓLIDOS
RSU	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
SAD	SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO
SCA	<i>STRATEGIC CHOICE APPROACH</i>

SEQ	ESTABILIDADE SEQUENCIAL
SIM	ESTABILIDADE SIMULTÂNEA
SMR	ESTABILIDADE META-RACIONAL SIMÉTRICA
SODA	<i>STRATEGIC OPTIONS DEVELOPMENT AND ANALYSIS</i>
SSM	<i>SOFT SYSTEMS METHODOLOGY</i>
TAC	TERMO DE AJUSTE DE CONDUTA
TCE-PB	TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DA PARAÍBA
TCE-PE	TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO PERNAMBUCO
VFT	<i>VALUE-FOCUSED THINKING</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	16
1.2	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	18
1.3	OBJETIVOS	18
1.3.1	Objetivo Geral	19
1.3.2	Objetivos Específicos	19
1.4	METODOLOGIA	19
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA	22
2.1	MÉTODOS PARA ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMAS	22
2.1.1	<i>Strategic Options Development and Analysis (SODA)</i>	23
2.2	<i>GRAPH MODEL FOR CONFLICT RESOLUTION (GMCR)</i>	26
2.3	REVISÃO DA LITERATURA	28
2.3.1	Aplicações do SODA	29
2.3.2	Aplicações do GMCR	33
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	37
3	O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	38
3.1	O PROBLEMA DA EXISTÊNCIA DE LIXÕES	38
3.2	PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	40
3.2.1	Região Nordeste	42
3.3	POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)	42
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	43
4	PROCESSO PARA ANÁLISE ESTRATÉGICA NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	45
4.1	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	45
4.2	APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO NO MUNICÍPIO DE CAMARAGIBE	48
4.2.1	Definição dos Decisores	48
4.2.2	Criação de Questionário	48
4.2.3	Realização de Entrevistas Individuais	49

4.2.4	Criação, Validação e Análise dos Mapas Individuais	49
4.2.5	Criação e Validação do Mapa Agregado	50
4.2.6	Análise do Mapa Agregado e Identificação das Ações	50
4.2.6.1	Análise dos Principais Construtos no Mapa Agregado	51
4.2.6.2	Identificação das Ações	56
4.2.7	Estados Possíveis	59
4.2.8	Preferências	60
4.2.9	Estabilidades Individuais e Equilíbrios	62
4.2.10	Análise de Sensibilidade	63
4.2.11	Informação para Apoio à Decisão	63
4.3	IMPLICAÇÕES E IMPACTOS GERENCIAIS NO USO DO PROCESSO	65
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	66
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	67
5.1	CONCLUSÕES	67
5.2	SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	68
	REFERÊNCIAS	70
	APÊNDICE A - LISTA COMPLETA DE CONSTRUTOS DO MAPA AGREGADO SEPARADOS POR CLUSTERS	74
	APÊNDICE B - MAPA AGREGADO	76

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem quase três mil lixões funcionando em 1.600 cidades, segundo relatório da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2019). Ainda segundo a Abrelpe (2017), o termo lixão a céu aberto ou simplesmente lixão é usado para descrever um local no qual ocorre disposição indiscriminada de resíduos sólidos no solo, com nenhuma ou, no máximo, algumas medidas bem limitadas de controle das operações e proteção do ambiente do entorno.

Por lei, todos os lixões do Brasil deveriam ter sido fechados até 2014, prazo dado pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2020). Aprovada há dez anos, a Lei nº 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), não é cumprida em todo o país (TCE-PB, 2018). De um lado, a ausência de um plano com medidas e metas claras a serem adotadas por estados e municípios. De outro, o adiamento de sua obrigatoriedade para dar fim a lixões e garantir que rejeitos sejam descartados em locais ambientalmente adequados.

Não diferente do cenário do país, o Estado de Pernambuco também se depara com o problema da existência e permanente utilização de lixões. Segundo relatório do Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco, das 185 cidades do Estado 99 (53,5%) ainda utilizavam lixões para o descarte dos resíduos sólidos gerados (TCE-PE, 2019).

Um problema dessa natureza caracteriza-se como um conflito, pois envolve múltiplos decisores que possuem diferentes pontos de vista, opções e preferências. Com isso, apresenta-se a oportunidade de utilizar uma abordagem formal para resolução de conflitos reais que possibilite a obtenção de propostas de soluções para tal conflito.

Uma abordagem bastante utilizada na análise de conflitos reais é o Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (GMCR, do acrônimo em inglês *Graph Model for Conflict Resolution*) (HIPEL; FANG; KILGOUR, 2019). O GMCR é um método flexível para resolução de conflitos, com fundamentos matemáticos sólidos e realistas; ele permite modelar as decisões estratégicas, prever soluções e auxiliar na avaliação da viabilidade política, econômica, ambiental e social de cenários (HIPEL et al., 1997).

O GMCR já foi aplicado com sucesso na análise estratégica de conflitos de diversas áreas (HIPEL; FANG; KILGOUR, 2019). Trabalhos disponíveis na literatura que aplicaram esse método abrangem áreas, como: aquicultura, poluição industrial, energia, gestão de águas subterrâneas, alocação de água entre usuários, desenvolvimento sustentável, entre outras (XU et al., 2018). Entretanto, existem pouquíssimas aplicações dessa abordagem quando se trata da gestão de resíduos sólidos como, por exemplo, o trabalho desenvolvido por Hu, Hipel e Fang (2009), que trata sobre o descarte de resíduos tóxicos em um contexto de disputa internacional.

As fases preliminares de modelagem do GMCR são na verdade um processo de estruturação de um problema. Entretanto, o GMCR não apresenta um procedimento detalhado para um adequado levantamento de tais informações que serão fundamentais para as fases posteriores de análise. Diante disso, percebeu-se a possibilidade de integrar às fases iniciais do GMCR a utilização de um PSM (*Problem Structuring Methods*) ou métodos para estruturação de problemas, que são abordagens da pesquisa operacional *soft* que ajudam a capturar e representar os pontos de vista de diferentes atores, visando incrementar o entendimento sobre determinada situação problemática e, conseqüentemente, melhorar as negociações e tomadas de decisão (ACKERMANN e EDEN, 2020).

O PSM utilizado no estudo foi o SODA (*Strategic Options Development and Analysis*), que através da construção de mapas cognitivos, dá suporte ao processo de tomada de decisão em grupo em situações caracterizadas pela complexidade. Segundo Ackermann e Eden (2020), a essência subjacente do SODA é que trata-se de uma abordagem que permite que situações complexas sejam exploradas mais amplamente antes de se tomar uma decisão. O SODA incorpora uma versão específica do mapeamento cognitivo como principal ferramenta, e fundamenta-se na teoria psicológica de George Kelly dos construtos pessoais (ACKERMANN e EDEN, 2020).

Com isso, esse trabalho tem como objetivo propor um modelo através de uma integração multimetodológica para a análise estratégica e apoio a tomada de decisão relacionada ao gerenciamento de resíduos sólidos no Estado de Pernambuco. A multimetodologia foi aplicada através da integração do método para estruturação de problemas SODA, às fases iniciais da abordagem de resolução de

conflitos GMCR. O trabalho foi aplicado a um caso real, em um dos maiores lixões em funcionamento do Estado de Pernambuco, localizado na cidade de Camaragibe, que faz parte da Região Metropolitana do Recife. Foram assumidos três decisores, sendo eles os representantes dos seguintes setores: (i) Ministério Público de Pernambuco; (ii) Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco; e (iii) Secretaria de Infraestrutura de Camaragibe. Com a aplicação do modelo proposto, buscou-se obter uma melhor compreensão sobre o problema do gerenciamento de resíduos sólidos no Estado Pernambuco, assim como propor potenciais resoluções para o conflito.

1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Dos 5.570 municípios existentes no Brasil em 2018, aproximadamente 46%, ou seja, 2.569 municípios realizaram a correta disposição final dos seus resíduos sólidos, um aumento de 6,3% em relação a 2017. Entretanto, 3.001 municípios ainda realizavam a disposição dos seus resíduos sólidos de forma inadequada, através do uso de aterros controlados (27%) e lixões (26,8%). A Tabela 1 apresenta a quantidade de municípios por tipo de disposição final adotada, nos anos de 2017 e 2018 (ABRELPE, 2019).

Tabela 1 - Quantidade de Municípios por Tipo de Disposição Final Adotada

Disposição Final	Brasil 2017	Regiões e Brasil 2018					
		Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
Aterro Sanitário	2.218	93	454	162	820	1.040	2.569
Aterro Controlado	1.742	110	496	152	641	109	1.508
Lixão	1.610	247	844	153	207	42	1.493
Brasil	5.570	450	1.794	467	1.668	1.191	5.570

Fonte: adaptado Abrelpe, 2019.

Ainda segundo Abrelpe (2019), os 3.000 lixões em operação no Brasil afetam a vida de 76 milhões de pessoas. Esses lixões representam ameaças significativas para a saúde tanto das pessoas envolvidas em sua operação quanto para aqueles que vivem no entorno. Os recursos hídricos e o ar tornam-se seriamente poluídos e os compostos tóxicos podem percorrer longas distâncias a partir da fonte geradora.

Além disso, os lixões são vetores de doenças com propagação de infecções por roedores, aves e insetos. O fechamento ou a adequação dos lixões são essenciais para controlar os impactos atuais e futuros da gestão de resíduos sólidos no meio ambiente e na saúde pública.

A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2020). Essa lei foi aprovada em 2010 e determina que todos os lixões do país deveriam ter sido fechados até 2 de agosto de 2014, mais de seis anos já se passaram e mais de metade dos municípios brasileiros incluindo grandes cidades e regiões metropolitanas continuam a utilizar lixões.

A existência e o funcionamento de lixões trazem consigo consequências ambientais, sociais e econômicas para a sociedade, uma vez que os recursos hídricos, o solo, e o ar tornam-se seriamente poluídos e os compostos tóxicos podem percorrer longas distâncias a partir da fonte geradora causando diversos impactos ambientais, representam também ameaças significativas para a saúde tanto das pessoas envolvidas em sua operação quanto para aqueles que vivem no entorno, além disso, operar lixões ocasiona no mau uso dos recursos financeiros que são utilizados para manter um vazadouro, que possui uma menor eficiência operacional e menor recuperação de materiais com valor econômico (ABRELPE, 2017).

Entretanto, encerrar um lixão não é uma tarefa simples. O fechamento de um lixão requer um sistema alternativo de gestão de resíduos com planejamento adequado, capacidade institucional e administrativa, recursos financeiros, apoio social e, finalmente, consenso político (ISWA, 2016).

Como citado anteriormente, estima-se que ainda existam 3.000 lixões em funcionamento no Brasil. Em Pernambuco, mais de 50% dos municípios do Estado desrespeitam a lei e possuem lixões a céu aberto sem controle sanitário. Segundo o Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco, há 98 lixões em funcionamento no Estado (TCE-PE, 2019).

1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Brasil produziu 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos em 2018 segundo relatório da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2019). Desse montante, 72,7 milhões foi coletado. Onde, cerca de 40% desse total foi enviado para lixões ou aterros inadequados. Ou seja, 29 milhões de toneladas de resíduos sólidos acabaram indo para lixões ou aterros controlados, que não contam com um conjunto de sistemas e medidas necessários para proteger a saúde das pessoas e o meio ambiente contra danos e degradações, totalizando assim cerca de 3.000 lixões funcionando em 1.600 cidades do país.

O aumento da produção de resíduos sólidos tem ocorrido anualmente, porém as políticas públicas de gerenciamento dos mesmos não tem acompanhado esse crescimento. Segundo relatório da Abrelpe (2019), a tendência é que em 2030 a produção de resíduos sólidos no país chegue à marca de 100 milhões de toneladas.

Diante da gravidade da situação, o poder público precisa investigar ações, de caráter urgente, que possam contribuir de forma efetiva na mitigação e possível solução para o problema dos lixões, uma vez que um grande número de municípios em todo o país ainda os utilizam como principal forma de descarte de resíduos sólidos mesmo com o vencimento do prazo dado pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos, que completou seis anos em 2020.

Portanto, busca-se obter uma melhor compreensão sobre o problema do mau gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil, assim como propor soluções para o conflito em questão, trazendo contribuições de caráter social e ambiental.

1.3 OBJETIVOS

Nessa seção são apresentados os objetivos geral e específicos dessa pesquisa.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é propor um modelo para a análise estratégica através do uso de uma multimetodologia, com a integração de um PSM ao GMCR, para apoiar a tomada de decisão relacionada ao gerenciamento estratégico de resíduos sólidos em um município localizado na Região Metropolitana do Recife.

1.3.2 Objetivos Específicos

A realização do objetivo geral compreende os seguintes objetivos específicos:

- a) Utilizar o SODA às fases preliminares do GMCR para estruturar o problema;
 - obter uma melhor compreensão sobre o gerenciamento de resíduos sólidos no Estado de Pernambuco;
 - identificar e analisar as ações possíveis de cada decisor.
- b) Modelar e analisar o conflito através do SAD GMCR+ para obter possíveis soluções;
- c) Verificar a aplicabilidade da integração do SODA ao GMCR.

1.4 METODOLOGIA

Essa seção apresenta a classificação da pesquisa e as etapas necessárias ao desenvolvimento da mesma.

Trata-se de uma pesquisa aplicada, quanto à sua natureza, quali-quantitativa, quanto à sua abordagem, exploratória quanto aos seus objetivos, e bibliográfica e de estudo de caso quanto aos procedimentos técnicos.

Inicialmente, foi realizado um levantamento na literatura especializada de aplicações envolvendo o uso do SODA e do GMCR em conflitos reais, em especial no gerenciamento de resíduos sólidos. Além disso, buscaram-se aplicações que envolvessem a integração metodológica do GMCR ou SODA com outras abordagens.

A aplicação do GMCR contempla dois estágios: modelagem e análise. O SODA foi utilizado para a estruturação do problema nas fases preliminares de modelagem (identificação dos decisores e suas respectivas opções).

Posteriormente, foram realizadas as etapas subsequentes do GMCR, ou seja, a identificação dos estados, isto é, o conjunto de todas as possíveis combinações das opções dos jogadores sejam elas selecionadas ou não, com a remoção dos estados inviáveis (por exemplo, estados com opções que são mutuamente excludentes); e as preferências individuais em relação a cada uma das opções. Em seguida, no estágio de análise, foram obtidas as estabilidades individuais de cada jogador com o objetivo de identificar os equilíbrios, ou seja, potenciais resoluções para o conflito. E então, foi feita a análise de sensibilidade para avaliar a robustez das soluções, e por fim as recomendações para apoio à decisão.

Para a coleta de dados foram realizadas entrevistas com os representantes dos órgãos relacionados à problemática, são eles: (i) Ministério Público de Pernambuco; (ii) Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco; e (iii) Secretaria de Infraestrutura de Camaragibe. Além disso, foi feita uma análise documental de materiais complementares sugeridos pelos atores para dar suporte na compreensão do problema.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Essa pesquisa é constituída de cinco capítulos, descritos a seguir: introdução; referencial teórico e revisão da literatura; o gerenciamento de resíduos sólidos; processo para análise estratégica no gerenciamento de resíduos sólidos; e por fim, as conclusões e sugestões para futuros trabalhos. A introdução trouxe a contextualização do desenvolvimento do trabalho e descreveu sucintamente o problema da existência de lixões no Brasil, além disso, foram apresentadas a relevância e justificativa para a realização da pesquisa, assim como, os objetivos.

No Capítulo 2, é apresentada a fundamentação básica para os métodos para estruturação de problemas, com ênfase no SODA, e também para o GMCR, e em seguida, apresenta-se a revisão da literatura de aplicações de tais métodos.

No Capítulo 3, discute-se sobre o gerenciamento de resíduos sólidos, onde, são apresentadas as consequências da existência de lixões e o problema no Brasil, em especial na região Nordeste.

Já no Capítulo 4, é apresentado o modelo proposto através da integração metodológica e são discutidos os resultados obtidos. Finalmente, no Capítulo 5, são abordadas as conclusões do estudo, limitações, e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

Nesse capítulo apresenta-se a fundamentação para os métodos para estruturação de problemas com ênfase no SODA, e para o GMCR; por fim, apresenta-se a revisão da literatura de tais métodos.

2.1 MÉTODOS PARA ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMAS

Os métodos para estruturação de problemas ou PSM (acrônimo em inglês para *Problem Structuring Methods*), surgiram formalmente entre o final da década de 1970 e o início da década de 1980. Isso se deu como resposta às dificuldades e limitações enfrentadas por gerentes e pesquisadores ao utilizarem, de forma exclusiva, as ferramentas quantitativas oferecidas pelo paradigma clássico da pesquisa operacional, mais conhecido como *PO-hard* (ACKERMANN, 2012). Assim, enquanto que o ponto de partida do paradigma clássico é o problema já estruturado, a *PO-soft* concentra-se na estruturação e compreensão do problema. Nesse sentido, infere-se que, ao invés de abordar um problema específico, os PSMS abordam diferentes perspectivas e dimensões de uma situação problemática (ACKERMANN, 2012).

Segundo Kotiadis e Mingers (2014), os PSM são definidos por uma gama de características que os diferenciam dos métodos tradicionais "*hard*". Resumidamente, são as seguintes:

- Lidam com problemas não estruturados caracterizados por múltiplos atores, múltiplas perspectivas, conflitos de interesse, grandes incertezas e fatores significativos não quantificáveis;
- Devem possibilitar a modelagem de perspectivas alternativas;
- Eles, e seus modelos associados, devem ser acessíveis aos atores envolvidos para facilitar suas participações genuínas.

Além disso, os benefícios obtidos com o uso dos PSM referem-se ao processo iterativo e de aprendizagem que pode ser obtido através do uso dessas metodologias, fornecendo apoio à tomada de decisão. Segundo Levino e Moraes (2012), as metodologias de *PO-soft* apoiam o envolvimento de indivíduos

organizacionais em um processo de aprendizagem contínua. Dessa forma, o uso de PSM pode ajudar os participantes da situação problemática a obter uma compreensão sobre o sistema e aprender como intervir nele de uma forma sustentável e sistêmica (ACKERMANN, 2012).

Segundo Medeiros, Urtiga e Moraes (2017), existem vários PSM na literatura. Alguns dos mais conhecidos são: *Soft Systems Methodology* (SSM); *Value-Focused Thinking* (VFT); *Strategic Choice Approach* (SCA); e *Strategic Options Development and Analysis* (SODA).

2.1.1 Strategic Options Development and Analysis (SODA)

O SODA é um dos PSM mais proeminentes desenvolvidos pela pesquisa operacional Britânica (GEORGIU, 2011). Tal como acontece com outros PSM, o SODA é utilizado para a tomada de decisão em grupo em situações caracterizadas pela incerteza e complexidade não trivial que não é passível da modelagem algorítmica formal. Segundo Ackermann e Eden (2020), a essência subjacente do SODA é que trata-se de uma abordagem que permite que situações complexas sejam exploradas mais amplamente antes de se tomar uma decisão. O SODA incorpora uma versão específica do mapeamento cognitivo como principal ferramenta, e fundamenta-se na teoria psicológica de George Kelly dos construtos pessoais (ACKERMANN e EDEN, 2020).

Segundo Georgiou (2011), o processo de concepção dos mapas, bem como o seu conteúdo, oferecem aos usuários uma interface transparente através do qual eles podem explorar, aprender, e, conseqüentemente, tomar decisões mais confiantes para melhorar, ou alterar, uma situação problemática.

A aplicação do SODA parte da construção e validação de mapas cognitivos individuais para cada ator (*stakeholder*), os quais incorporam os pontos de vista dos envolvidos no processo de decisão em uma organização (CARUZZO et al., 2015). Isso é feito por meio de entrevistas, cujo objetivo é extrair o máximo de informação possível dos participantes. Como resultado, são identificados os construtos, que apresentam os pontos de vista dos atores e as respectivas relações opostas, que servem para eliminar ambiguidades na compreensão da ideia principal dos construtos, esses construtos podem ser conectados entre si por meio de setas.

Deve-se também ser definido junto aos atores um rótulo (*label*) que descreve o problema que o facilitador irá apoiar na resolução. Para tanto, o facilitador deve inicialmente buscar escutar o que os atores têm a dizer sobre o problema. Nesta etapa ele deve evitar interferir no que eles dizem (abordagem empática), pois isso poderia direcionar o rótulo de forma inadequada.

As setas permitem a identificação dos construtos tidos como de maior importância para o ator e aquilo que o mesmo considera periférico (menos importante). A direção da seta indica a relação de um construto com o outro. As setas podem possuir um sinal negativo “-” o que significa que a frase principal de um determinado construto está relacionada ao polo oposto (frase alternativa) do outro construto.

Tendo em vista que os construtos são ligados um a um, seguindo aspectos lógicos de afinidade, têm-se, ao final da construção de um mapa, aglomerados de construtos afins, denominados *clusters*, que facilitam a interpretação do mapa quando o número total de construtos é grande (GEORGIU, 2009).

Os principais conceitos envolvidos na metodologia SODA são apresentados a seguir, conforme descritos em Georgiou (2011): os construtos são geralmente decisões disponíveis a serem tomadas, ou consequências que podem resultar das decisões tomadas. Os construtos podem ser estruturalmente categorizados de acordo com certos tipos básicos: caudas (*tails*), cabeças (*heads*), opções estratégicas (*strategic options*), implosões (*implosions*), explosões (*explosions*), e dominantes (*dominants*) e também podem existir como ciclos (*loops*).

- *Caudas*: são os construtos que não têm outros construtos conduzidos a eles e são conhecidos como causa primária ou elemento desencadeador. Eles indicam que o mapeamento SODA é principalmente (mas não exclusivamente) útil quando os atores encontrarem dificuldade em articular seus pensamentos de uma forma linear ou lógica;
- *Cabeças*: não têm construtos saindo deles. Chamados de receptores, eles refletem os objetivos, resultados, ou consequências decorrentes dos caminhos de dependência de setas que vão até eles. Quando se observa pela primeira vez um mapa SODA, os construtos cabeça geralmente oferecem uma boa idéia do que este se trata. Além disso, grandes mapas de

situações complexas, normalmente têm numerosos construtos cabeça, indicando a necessidade de solucionar diversos objetivos;

- *Opções estratégicas*: são os construtos diretamente ligados aos construtos cabeça e refletem as opções disponíveis através do qual um determinado resultado (cabeça) pode se materializar, ou, em outras palavras, as influências imediatas que vão reger qual pólo do resultado acabará por acontecer;
- *Implosões*: são construtos com um número relativamente elevado de construtos que se conduzem diretamente a eles. Uma implosão indica um efeito importante. É um construto afetado por vários outros construtos e, por extensão, várias áreas do mapa. É onde uma série de questões culmina ou converge. Esse tipo de construto demanda atenção;
- *Explosões*: são construtos com um número relativamente elevado de flechas que saem deles para outros construtos. Uma explosão indica uma das principais causas. É um construto que afeta vários outros e, por extensão, várias áreas do mapa.
- *Dominantes*: são construtos com um número relativamente alto de construtos que vão até eles e que saem deles, ou seja, explodem e implodem de forma simultânea. Indica centralidade cognitiva de um problema na percepção de um ator, e/ou relevância central de uma questão para a situação em estudo. Considerando que os construtos cabeça oferecerem uma boa ideia inicial do que se trata um mapa, dominantes oferecerem uma boa indicação das principais questões que devem ser resolvidas a fim de alcançar as cabeças;
- *Ciclos*: são séries de construtos que se relacionam entre si, de um modo que o construto que iniciou o ciclo também o encerra. A identificação e análise de ciclos de *feedback* em qualquer mapa é importante, pois eles identificam áreas de dinâmicas degenerativas ou regenerativas descontroladas, apontando para o colapso final da situação apreciada.

2.2 GRAPH MODEL FOR CONFLICT RESOLUTION (GMCR)

Conflitos estratégicos são situações que envolvem dois ou mais decisores, que normalmente possuem diferentes objetivos e interesses. O modelo grafo é uma metodologia que possibilita o estudo sistemático desses conflitos. Foi projetado propositalmente para lidar com conflitos do mundo real (HIPEL; FANG; KILGOUR, 2019). Ainda segundo Hipel, Fang e Kilgour (2019), essa metodologia está relacionada a teoria dos jogos e *metagame analysis*.

O GMCR foi desenvolvido por Fang, Hipel e Kilgour (1993), e é uma metodologia altamente flexível e abrangente que contribui significativamente no campo de análise de conflitos. Segundo Fang, Hipel e Kilgour (1993), um modelo grafo é uma estrutura matemática expressa usando conjuntos finitos, grafos e ordenações.

Como as pessoas podem se comportar de maneiras diferentes em um conflito, uma série de conceitos de solução, descrevendo o comportamento potencial destas foi desenvolvida. Um conceito de solução específico, que também é chamado de definição de estabilidade, é uma definição matemática que utiliza ideias da teoria dos conjuntos, teoria dos jogos e teoria dos grafos, e especifica como os movimentos e as contrarreações ocorrem para criar um estado estável (XU et al., 2018). Se um determinado estado é estável para todos os decisores, de acordo com um conceito de solução específico, é chamado de equilíbrio ou resolução potencial (HIPEL; FANG; KILGOUR, 2019). O Quadro 1 apresenta os conceitos de solução utilizados pelo GMCR e suas respectivas definições.

As duas colunas à direita no Quadro 1 fornecem caracterizações qualitativas dos conceitos de solução de acordo com os dois critérios de visão de futuro, e conhecimento de preferências. Mais especificamente, a visão de futuro reflete o número de movimentos e contra-movimentos que um decisor pode prever ao decidir sobre a estabilidade do estado em consideração. O conhecimento de preferências refere-se às preferências exigidas ao realizar uma análise de estabilidade. Portanto, ao calcular a estabilidade para os conceitos de solução R, GMR e SMR no Quadro 1, é necessário apenas saber as preferências do decisor focal (XU, et al., 2018).

Quadro 1 - Definições dos Conceitos de Solução

Conceito de solução	Definição	Visão de futuro	Conhecimento de preferências
Estabilidade de Nash (R)	O decisor focal não pode se mover unilateralmente para um estado preferível	Pequena	Próprias
Estabilidade Meta-racional Geral (GMR)	Todas as melhorias unilaterais do decisor focal são sancionadas por movimentos unilaterais subsequentes de outros	Média	Próprias
Estabilidade Meta-racional Simétrica (SMR)	Todas as melhorias unilaterais do decisor focal são sancionadas, mesmo após a resposta do decisor focal	Média	Próprias
Estabilidade Sequencial (SEQ)	Todas as melhorias unilaterais do decisor focal são sancionadas por melhorias unilaterais subsequentes de outros	Média	Todas

Fonte: adaptado Hipel et al.,1997.

O GMCR foi implementado em um sistema de apoio à decisão (SAD), denominado GMCR+. Além dos conceitos de solução apresentados no Quadro 1, o SAD GMCR + também utiliza a Estabilidade Simultânea (SIM). Segundo Kinsara (2015), esse conceito de solução examina o impacto estratégico de dois ou mais decisores movendo-se ao mesmo tempo de um determinado estado, de forma que uma combinação de movimentos possa resultar em um resultado novo e inesperado.

O SAD GMCR+ permite que a abordagem seja facilmente aplicada a problemas reais (KINSARA; KILGOUR; HIPEL, 2018). Ainda segundo Kinsara, Kilgour e Hipel (2018), esse sistema de apoio à decisão foi desenvolvido para encapsular recursos avançados de comunicação, incluindo os meios para definir, analisar e comunicar modelos e análises de um determinado conflito, permitindo, assim, apoiar a negociação e o gerenciamento de conflitos estratégicos.

De acordo com Hipel, Kilgour e Fang (2012), no GMCR, um conjunto de grafos direcionados finitos, um para cada decisor i , denotado $D_i = (U, A_i)$, representa o conflito. Seja $N = \{1, 2, \dots, n\}$ o conjunto de DMs e $U = \{1, 2, \dots, u\}$ o conjunto de estados ou cenários possíveis desse conflito. Os estados possíveis do conflito, representados pelo conjunto de vértices U , são comuns em todos os grafos D_i . O

número de estados possíveis é 2^m , em que m é o número de opções disponíveis a cada decisor. Ocorre uma mudança do estado k para outro q , por exemplo, no momento em que o decisor i seleciona uma dessas opções. Assim essa transição permitida a ele é representada por arcos em A_i .

A ordem de preferência dos estados para os decisores é representada por uma função de valor de preferência. Então se $P_i(k) > P_i(q)$ implica dizer que para o decisor i o estado k é preferível ao q .

O GMCR+ permite avaliar os resultados das alterações nos principais parâmetros do modelo, como a alteração das preferências dos decisores, permite também a realização de algumas simulações de cenários do tipo “*what-if*”, ajudando um decisor ou analista a examinar possíveis cursos de ação, dando assim uma maior confiança nos resultados de estabilidade. Além disso, o GMCR+ é mais rico do que os seus predecessores GMCR I e II e superior em desempenho. Um resumo dos recursos e vantagens do GMCR+ em relação as versões anteriores pode ser vista em Kinsara et al., 2015.

Nas últimas três décadas muitos estudos foram desenvolvidos proporcionando diversos avanços no GMCR (XU et al., 2018; HIPEL; FANG; KILGOUR, 2019). Ainda segundo XU et al. (2018), alguns dos principais avanços na extensão do GMCR são: diferentes maneiras de lidar com preferências incertas (preferências desconhecidas, preferências *fuzzy*, preferências *grey*, preferências probabilísticas e combinação de preferências); fatores psicológicos (atitudes, emoções e interpretações equivocadas ou *hypergames*); poder (estruturas hierárquicas e assimetria de poder); e comportamento humano, com o desenvolvimento de diferentes estabilidades (*Limited-move stability*, *Non-myopic stability*, *Stackelberg equilibrium*, *Policy stability*, etc.).

2.3 REVISÃO DA LITERATURA

Tanto o SODA quando o GMCR têm sido extensivamente utilizados em diversos tipos de problemas que se caracterizam por possuírem múltiplos decisores e interesses conflitantes (ACKERMANN e EDEN, 2020; HIPEL; FANG; KILGOUR, 2019). Nessa seção, serão apresentados alguns trabalhos existentes na literatura especializada que aplicam o SODA ou o GMCR em estudos de caso, especialmente

associados à gestão ambiental, dentre eles, gestão de resíduos sólidos, discutindo os pontos relevantes de tais aplicações e a possível integração multimetodológica.

Uma multimetodologia é a combinação de diferentes metodologias para auxiliar na tomada de decisão, e é algo que tem sido continuamente estudado no campo da pesquisa operacional (GEORGIOU, 2012). A combinação metodológica pode ser feita de várias formas (KOTIADIS e MINGERS, 2014). Por exemplo, multimetodologias podem ser desenvolvidas através da integração entre PSMS (GEORGIOU, 2012); PSMS com abordagens quantitativas, como, MCDM (CAMBRAINHA e FONTANA, 2018); ou, apenas entre abordagens quantitativas (SILVA et al., 2019).

2.3.1 Aplicações do SODA

Levino e Moraes (2011) propuseram um modelo de decisão em grupo para a tomada de decisão participativa no contexto de saneamento ambiental. Esse trabalho é baseado em dois temas centrais: estruturação e avaliação do problema. O primeiro é baseado no SODA para melhorar o processo de aprendizagem e identificar as alternativas que poderiam ser implementadas para reduzir o problema de saneamento. O último é realizado pelo procedimento de votação *Copeland*, que auxilia a hierarquizar essas alternativas e escolher aquela que representa o melhor compromisso com a sociedade.

Levino e Moraes (2012) também desenvolveram um modelo através de uma multimetodologia que integrou o SODA ao Sistema de Apoio à Decisão em Grupo, PROMETHEE (GDSS), para apoiar os atores envolvidos no processo decisório participativo relacionado à gestão de recursos hídricos. O modelo foi aplicado ao Comitê da Bacia Hidrográfica do CELMM (Complexo Estaurino Lagunar Mundaú/Manguaba), localizado em Maceió/AL, estruturando e modelando a decisão do grupo em um processo democrático para o alcance da gestão sustentável. A metodologia desenvolvida permitiu auxiliar os atores a reduzir conflitos e aumentar os níveis de cooperação.

Silva Filho, Fontana e Moraes (2014) utilizaram o SODA em conjunto com o PROMETHEE II para identificar critérios para avaliar problemas de segmentação de uma rede de distribuição de água. Assim, o SODA foi usado para o levantamento

dos critérios, enquanto o PROMETHEE II foi utilizado para ordenar as alternativas e se chegar a uma solução final. O uso do SODA permitiu um enriquecimento de informações sobre o problema, estimulando a geração de critérios dificilmente percebidos em uma avaliação individual.

Guarnieri, Silva e Levino (2016) aplicaram o SODA à análise estratégica de decisões de logística reversa de resíduos eletrônicos em um estudo de caso real no Brasil. A contribuição deste trabalho está principalmente relacionada à análise e estruturação do problema de logística reversa de lixo eletrônico sob uma metodologia PSM, que é pouco explorada na literatura. Este artigo contribui para os pesquisadores que estudam a logística reversa de lixo eletrônico, principalmente nos países em desenvolvimento, que ainda não possuem legislação relacionada a isso. Em termos de contribuições práticas, destaca-se a sistematização do processo de tomada de decisão, a identificação dos principais elementos e o estabelecimento de um acordo entre os atores envolvidos.

Medeiros, Urtiga e Moraes (2017) propuseram um modelo de negociação integrativa através da combinação do SODA com o ASS (*Additive Scoring System*) para auxiliar os comitês de bacias hidrográficas a lidar com conflitos relacionados à poluição da água. Em uma fase de pré-negociação, os decisores usam o SODA para estruturar o problema e identificar os fatores relevantes do problema de decisão. Então, os decisores avaliaram o problema sob uma perspectiva de vários atributos. Além disso, uma fase de pós-negociação é proposta com critérios de avaliação para monitorar como a solução de compromisso escolhida está afetando a qualidade da água e se os atores estão cumprindo as suas partes do acordo. O modelo proposto ajudou a reduzir conflitos entre os decisores e é flexível visto que pode ser aplicado em diferentes conflitos e contextos.

Cambrainha e Fontana (2018) desenvolveram um modelo para auxiliar um grupo de decisores a estabelecer um portfólio de ações viáveis (alternativas) capazes de equilibrar estratégias de oferta e demanda de água. O modelo é baseado no SODA e no PROMETHEE V. Devido às influências da sociedade e do governo, o modelo proposto mostrou-se adequado para conduzir uma tomada de decisão robusta e bem estruturada. As principais contribuições foram o estudo em regiões que sofrem com a seca e a escassez de água, bem como a combinação dos métodos PSM e MCDM para auxiliar neste problema.

Schramm e Schramm (2018) usaram o SODA para dar apoio no gerenciamento e planejamento de recursos hídricos. O estudo visa apoiar os comitês de bacias hidrográficas do Brasil e foi aplicada ao comitê da bacia do Rio Paraíba, no nordeste do país. Usando essa abordagem, o comitê identificou o manejo inadequado das bacias hidrográficas como uma questão importante que deve ser assumida para alcançar a mitigação da degradação dessas bacias hidrográficas.

Santos et al. (2019) utilizaram o SODA para a estruturação de um problema complexo que emerge de perspectivas contrastantes de diferentes atores sobre o uso e a conservação de florestas nativas em um contexto onde a regulamentação restringe seu manejo, no Estado de Santa Catarina, Brasil. As análises realizadas indicaram que a valorização econômica dos recursos florestais e o monitoramento da cobertura florestal são questões fundamentais para o manejo das florestas nativas catarinenses. O uso do SODA também se mostrou eficaz na estruturação da complexa situação problemática abordada neste estudo.

Silva e Fontana (2020) utilizaram o SODA combinado com o SSM e Programação Linear Multi-Objetivo (PLMO) para desenvolver um modelo integrado a fim de definir ações individuais de gestão de resíduos sólidos que viabilizem a implantação da responsabilidade compartilhada prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos. O modelo foi desenvolvido em três fases: Pré-negociação, Negociação e Pós-negociação. Como resultado, foi obtida uma decisão Pareto-eficiente para todas as partes interessadas, simultaneamente. Por fim, um forte engajamento entre as partes interessadas e um compromisso efetivo com a viabilidade da responsabilidade compartilhada foi alcançado.

Pereira e Morais (2020) propuseram um modelo de decisão para priorizar as ações de manutenção nos poços de um sistema de abastecimento de água subterrânea. O modelo proposto possui três fases. A primeira fase consiste em entender o problema e adquirir dados. Em seguida, ocorre um processo de aprendizagem, no qual é aplicado o SODA. A terceira fase usa o método ELECTRE III para avaliar o problema. O modelo demonstra ter estabelecido prioridades de gestão que auxiliam na tomada de decisões de manutenção. A eficiência do modelo foi demonstrada ao aplicá-lo em uma cidade brasileira, onde se constatou que tal

modelo traz maiores benefícios para a empresa fornecedora e para a sociedade do que a prática atual de gerenciamento de manutenção.

Quadro 2 - Características dos Conflitos em que o SODA Foi Aplicado

Autor/Ano	Título do trabalho	Área de aplicação	Integração de métodos
Levino e Moraes (2011)	<i>A proposal for structuring and evaluating problems for participatory decision making</i>	Gestão ambiental	<i>Copeland</i>
Levino e Moraes (2012)	<i>Participatory multi-criteria decision making model in hydrographic basin committee</i>	Gestão de recursos hídricos	PROMETHEE (GDSS)
Silva Filho, Fontana e Moraes (2014)	<i>Strategic Options Development and Analysis to identify criteria to evaluate segmentation problems of a water distribution network</i>	Gestão de abastecimento de água	PROMETHEE II
Guarnieri, Silva e Levino (2016)	<i>Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: a Brazilian case</i>	Gestão de resíduos eletrônicos	Não
Medeiros, Urtiga e Moraes (2017)	<i>Integrative negotiation model to support water resources management</i>	Gestão de recursos hídricos	<i>Additive Scoring System (ASS)</i>
Cambrainha e Fontana (2018)	<i>A multi-criteria decision making approach to balance water supply-demand strategies in water supply systems</i>	Gestão de abastecimento de água	PROMETHEE V
Schramm e Schramm (2018)	<i>An approach for supporting problem structuring in water resources management and planning</i>	Gestão de recursos hídricos	Não
Santos et al. (2019)	<i>Structuring contrasting forest stakeholders' views with the Strategic Options Development and Analysis (SODA) approach</i>	Gestão florestal	Não
Silva e Fontana (2020)	<i>Integrative multi-attribute negotiation model to define stakeholders' responsibilities in the reverse flow channel</i>	Gestão de resíduos sólidos	SSM e PLMO
Pereira e Moraes (2020)	<i>Multicriteria decision model to establish maintenance priorities for wells in a groundwater system</i>	Gestão de recursos hídricos	ELECTRE III

Fonte: O autor (2021)

2.3.2 Aplicações do GMCR

Hu, Hipel e Fang (2009) usaram o GMCR para estudar estratégias aplicáveis ao conflito da análise de disputas internacionais de eliminação de resíduos tóxicos. Mais especificamente, os conflitos em curso de resíduos tóxicos são divididos em dois estágios, são eles: estágios de prevenção de despejo e resolução de disputas. A modelagem e as análises, baseadas no GMCR, são usadas em ambos os estágios, a fim de compreender a estrutura e as implicações de um determinado conflito do ponto de vista estratégico. Além disso, um estudo de caso específico é investigado em um conflito de resíduos tóxicos na Costa do Marfim.

Yousefi, Hajimirzaie e Hosseinipour (2016) apresentaram uma metodologia de negociação para resolver conflitos de água/meio ambiente afim de gerenciar disputas cada vez mais complexas, particularmente em regiões com crescente escassez de água. Uma característica única da metodologia proposta é levar em consideração as atitudes dos disputantes, que é um fator humano importante, particularmente na resolução de disputas complexas de água/meio ambiente. O GMCR é empregado para desenvolver a metodologia e ajudar os disputantes a determinar a melhor resolução estratégica. Os resultados ajudaram a avaliar se consequências indesejáveis podem ou não ocorrer em um conflito específico por causa de atitudes impróprias, bem como averiguar quais atitudes são necessárias para orientar conflitos de água/meio ambiente para a obtenção de resultados *win-win*.

Xu, Zhang e Shi (2019) examinaram os desafios que têm impedido o desenvolvimento do programa fotovoltaico de redução da pobreza e acesso a energia limpa na China. Usando a teoria dos jogos evolucionários e o método GMCR, este artigo estuda e discute as soluções das três partes interessadas no conflito para alcançar uma situação *win-win* e dá sugestões de políticas para o desenvolvimento sustentável desse programa. As análises implicam nas seguintes sugestões de políticas: garantir a seleção do caminho ideal para todas as partes, evitar o abandono de projetos, aumentar o senso de propriedade das famílias e criar financiamento acessível. As descobertas podem ajudar os formuladores de políticas na China a melhorar seu desempenho de projeções. O modelo chinês também pode

ser replicado em outros países em desenvolvimento para aumentar o acesso à eletricidade e reduzir a pobreza e a emissão de carbono simultaneamente.

Du, Liu e Forrest (2019) desenvolveram um modelo interativo de decisão em grupo para selecionar esquemas de tratamento a fim de mitigar a poluição do ar. Para solucionar este problema, o trabalho propõe um novo modelo de decisão de negociação em grupo, empregando várias abordagens, são elas: *hesitant fuzzy set*, *grey target*, *grey incident analysis*, e o GMCR. Recorrendo ao GMCR, propõem um modelo de resolução de conflitos para tratar o problema da poluição do ar e obter uma classificação alternativa estável (equilíbrio de negociação em grupo para alternativas de tratamento da poluição do ar). Além disso, usam um exemplo de poluição do ar na China para ilustrar como o método proposto pode ser aplicado.

Silva et al. (2019) integraram o DST (*Dempster-Shafer Theory*) e o AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para analisar um conflito regulatório. Mais precisamente, o DST é usado para combinar o conhecimento especializado em relação às preferências de um decisor específico (o órgão regulador), e o AHP é empregado para classificar os estados viáveis no conflito para esse mesmo decisor. A fim de ilustrar como esta proposta de elicitação de preferências pode ser convenientemente implementada na prática dentro no GMCR, ela é aplicada a uma disputa de construção real localizada na cidade de Ipojuca, Brasil. Os resultados mostram que a nova metodologia de preferências possui muitas vantagens inerentes, incluindo alta flexibilidade, a capacidade de capturar a incerteza ou mesmo a ignorância sobre as preferências, a possibilidade de combinar conhecimento especializado com relação às preferências ausentes e uma redução substancial no número de comparações par-a-par de estados necessários para expressar informações de preferência.

Zahedi et al. (2019) utilizaram o GMCR para a análise estratégica associada a conflitos sobre gestão de recursos florestais. Os atores ou principais interessados nesta situação são o Governo (Ministério das Florestas), as Empresas das Indústrias Florestais e os Ativistas Ambientais. Sete situações do conflito são determinadas como equilíbrio de acordo com as quatro definições de estabilidade utilizadas pelo GMCR, e interpretações para esses equilíbrios são fornecidas. Os resultados mostraram que tanto o governo quanto as empresas buscarão recursos para

acelerar o desenvolvimento da indústria madeireira e reduzir os impactos ambientais.

Aires et al. (2019) aplicaram o GMCR para a análise estratégica do conflito da bacia hidrográfica de Piranhas/Açu, na fronteira entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, a fim de demonstrar a aplicabilidade dessa abordagem em um conflito real. O conflito identificado decorre de reclamações de usuários de água do Estado do Rio Grande do Norte em relação ao fluxo regulado na fronteira entre os Estados. Uma vez determinados os equilíbrios, observou-se que sete estados contemplaram todas as definições de estabilidade para todos os tomadores de decisão. Depois disso, uma análise desses resultados foi feita através de discussões sobre o modelo. Após analisar esses sete estados, foi possível perceber que um deles poderia ser escolhido para recomendação.

Ali et al. (2019) aplicaram o GMCR para resolver questões de planejamento urbano de sustentabilidade patrimonial ao analisar o conflito metropolitano-patrimonial em Lahore, Paquistão. Percebendo o fato de que as atitudes dos decisores desempenham um papel importante na tomada de decisão, os autores as utilizam com base nas opções do GMCR para resolver o conflito. Os resultados apresentaram que a análise baseada na atitude mostrou que a atitude positiva do governo poderia ter elucidado várias alternativas plausíveis para evitar o conflito. Por outro lado, a atitude negativa do governo durante o processo de planejamento do metrô levou a um sério conflito. Por fim, destaca-se que os resultados deste estudo não limitam-se a conflitos metropolitano-patrimoniais, já que a atitude dos decisores pode ser de importância crítica em qualquer processo de tomada de decisão.

Zhao e Xu (2019) propuseram uma nova técnica de classificação de preferência para o GMCR para angariar de forma efetiva e precisa as preferências reais dos decisores. Um conflito real que envolve poluição industrial ocorrido na China é utilizado para mostrar como o método de classificação de preferência proposto pode ser aplicado para obter convenientemente a verdadeira informação de preferência dos decisores e determinar estrategicamente o equilíbrio de uma determinada disputa. O estudo de caso indica que a nova abordagem de elicitação de preferências é mais objetiva e razoável do que o método tradicional de priorização de opções. Além disso, é obtido um equilíbrio que pode fornecer

recomendações estratégicas e percepções significativas para lidar com o conflito em questão.

Andik e Niksokhan (2020) apresentaram uma nova metodologia para alocação de águas residuais em um sistema ribeirinho através da integração de métodos. Um novo método PAWN (*Pianosi and Wagener Method*) modificado, é utilizado para encontrar uma superfície de soluções não dominadas, ao qual foi combinado a um processo de otimização de simulação usando o algoritmo *Multi-Objective Particle Swarm Optimization* (MOPSO), para considerar a incerteza de todas as variáveis e parâmetros que afetam usando sua distribuição de probabilidade. A metodologia proposta foi aplicada ao rio Sefidrood na parte norte do Irã. O GMCR foi implementado para chegar a um compromisso sobre a alocação de águas residuais entre as partes interessadas. Algumas soluções não dominadas foram usadas no GMCR e a modelagem do conflito revelou que as preferências dos decisores e o *status quo* não levam a um único equilíbrio estável; assim, a intervenção de um árbitro os levaria a um acordo sobre um cenário que teria um risco *fuzzy* de violação padrão e custo medianos.

No Quadro 3 são apresentadas algumas características desses conflitos aos quais o método GMCR foi aplicado.

Quadro 3 - Características dos Conflitos em que o GMCR Foi Aplicado

Autor/Ano	Título do trabalho	Área de aplicação	Integração de métodos
Hu, Hipel e Fang (2009)	<i>A conflict model for the international hazardous waste disposal dispute</i>	Gestão de resíduos tóxicos	Não
Yousefi, Hajimirzaie e Hosseinipour (2016)	<i>Attitude-based negotiations for resolving water and environmental conflicts</i>	Gestão de recursos hídricos e ambiental	Não
Xu, Zhang e Shi (2019)	<i>Stakeholders strategies in poverty alleviation and clean energy access: A case study of China's PV poverty alleviation program</i>	Redução de pobreza e energia limpa	Jogos evolucionários
Du, Liu e Forrest (2019)	<i>An interactive group decision model for selecting treatment schemes for mitigating air pollution</i>	Poluição do ar	<i>Hesitant fuzzy set, grey target, e grey incidence analysis</i>
Silva et al. (2019)	<i>Strategic analysis of a regulatory conflict using Dempster-Shafer Theory and AHP for Preference Elicitation</i>	Construção civil	DST e AHP

Autor/Ano	Título do trabalho	Área de aplicação	Integração de métodos
Zahedi et al. (2019)	<i>Strategic analysis of sustainable forest management with Graph Model for Conflict Resolution</i>	Gestão florestal	Não
Aires et al. (2019)	<i>Analysis of a water conflict in the Piranhas-Açu river watershed</i>	Gestão de recursos hídricos	Não
Ali et al. (2019)	<i>Metro design and heritage sustainability: conflict analysis using attitude based on options in the graph model</i>	Desenvolvimento sustentável	Não
Zhao e Xu (2019)	<i>A novel preference elicitation technique based on a graph model and its application to a brownfield redevelopment conflict in China</i>	Poluição industrial	Não
Andik e Niksokhan (2020)	<i>Waste load allocation under uncertainty using game theory approach and simulation-optimization process</i>	Gestão de águas residuais	PAWN e MOPSO

Fonte: O autor (2021)

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Como apresentado nesse capítulo, tanto o SODA quanto o GMCR são abordagens amplamente utilizadas em problemas reais, nas mais diversas áreas. Embora a combinação de métodos seja uma área de crescente interesse para o campo da pesquisa operacional, percebeu-se que não há trabalhos que realizam a integração metodológica de algum PSM com o GMCR.

Apesar de o GMCR ser um método bastante flexível e adequado para resolução de conflitos, não apresenta um procedimento estruturado para as fases iniciais de modelagem, que são na verdade um processo de estruturação de um problema. Assim, a integração de um PSM, nesse caso o SODA, às fases iniciais de desenvolvimento do modelo se apresenta como uma possibilidade favorável para um adequado levantamento das informações que serão fundamentais para as fases posteriores no GMCR.

3 O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Nesse capítulo discutem-se as consequências decorrentes da existência de lixões, os diferentes tipos de disposição final de resíduos sólidos no Brasil. Apresenta-se também informações acerca do gerenciamento de resíduos sólidos no país, com ênfase na região nordeste, e por fim, os aspectos fundamentais da Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

3.1 O PROBLEMA DA EXISTÊNCIA DE LIXÕES

Um lixão geralmente contém resíduos de muitas fontes e de diferentes tipos e composições, raramente é coberto ou compactado e a queima a céu aberto acontece com frequência. Não existe sistema de coleta do chorume nem do metano gerados, nem controle ou registro dos resíduos recebidos. Os catadores estão frequentemente presentes nesses locais, coletando materiais recicláveis sem qualquer aparato de proteção. Na maioria dos casos, as pessoas vivem dentro do lixão e até mesmo aproveitam os restos de comida que encontram (ABRELPE, 2017).

Os lixões representam ameaças significativas para a saúde tanto das pessoas envolvidas em sua operação quanto para aqueles que vivem no entorno. Os recursos hídricos e o ar tornam-se seriamente poluídos e os compostos tóxicos podem percorrer longas distâncias a partir da fonte geradora (ISWA, 2016). Além disso, os lixões são vetores de doenças com propagação de infecções por roedores, aves e insetos. O fechamento ou a adequação dos lixões são essenciais para controlar os impactos atuais e futuros da gestão de resíduos no meio ambiente e na saúde pública. Ainda segundo ISWA (2016), os problemas técnicos e os desafios dos lixões a céu aberto são diversos, podendo destacar:

- Resíduos espalhados e descobertos sem nenhuma aplicação de cobertura;
- Queima a céu aberto e/ou combustão espontânea dos resíduos;
- Ausência de controle na disposição ou compactação de resíduos;
- Ausência de registro ou inspeção dos resíduos recebidos;
- Presença de catadores na frente de trabalho do lixão;
- Presença de vermes, cachorros, aves e outros vetores;

- Ausência de sistema de captação e tratamento de chorume;
- Ausência de controle de odores ou sistema de gestão dos gases gerados;

Um lixão a céu aberto não tem relação alguma com um aterro sanitário. Este último constitui um método aceitável e adequado de destinação dos resíduos, com emissões controladas e impactos limitados a saúde e ao meio ambiente, enquanto os lixões são exatamente o contrário (ABRELPE, 2015). Entre o lixão e o aterro sanitário, situa-se uma forma de disposição intermediária denominada “aterro controlado”, com níveis diversos de engenharia e controle ambiental, os quais variam conforme a região. Algumas diferenças entre lixões, aterros controlados e aterros sanitários serão apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Diferenças entre Lixões, Aterros Controlados e Aterros Sanitários

Crítérios	Lixão	Aterro controlado	Aterro sanitário
Local da instalação	Não planejado ou impróprio	Condições hidroecológicas as vezes consideradas	Escolhido com base em fatores ambientais, comunitários e de custo
Capacidade	Desconhecida	Planejada	Planejada
Preparação de células para descarte de resíduos específicos	Não há preparação de células O lixo é disposto indiscriminadamente A área de trabalho não é controlada	Não há preparação de células, mas a área de trabalho é reduzida A disposição se dá apenas em áreas designadas	Desenvolvimento de células individuais A área de trabalho está confinada na menor área prática A disposição se dá apenas em áreas designadas
Preparação do local	Pouca ou nenhuma	Terraplanagem da base da área de disposição Drenagem e controle das águas de superfície na periferia do local	Preparação extensiva do local
Gestão do chorume	Não há	Não há ou parcial	Total
Gestão de gases	Não há	Parcial ou nenhuma	Total
Aplicação de cobertura de solo	Cobertura ocasional ou nenhuma	Implementação de cobertura regular	Aplicação diária de camadas intermediárias e finais
Compactação dos resíduos	Não há	Compactação em alguns casos	Há compactação dos resíduos
Entradas de resíduos	Não há controle sobre a quantidade e/ou a composição dos resíduos que chegam	Controle parcial ou nenhum	Controle total sobre a quantidade e/ou a composição dos resíduos que chegam

Crítérios	Lixão	Aterro controlado	Aterro sanitário
Impactos sobre a saúde e o meio ambiente	Grande potencial de incêndios e efeitos adversos sobre a saúde e o meio ambiente	Menor risco de impactos à saúde e ambientais se comparado aos lixões	Risco mínimo de impactos adversos sobre a saúde e ao meio ambiente

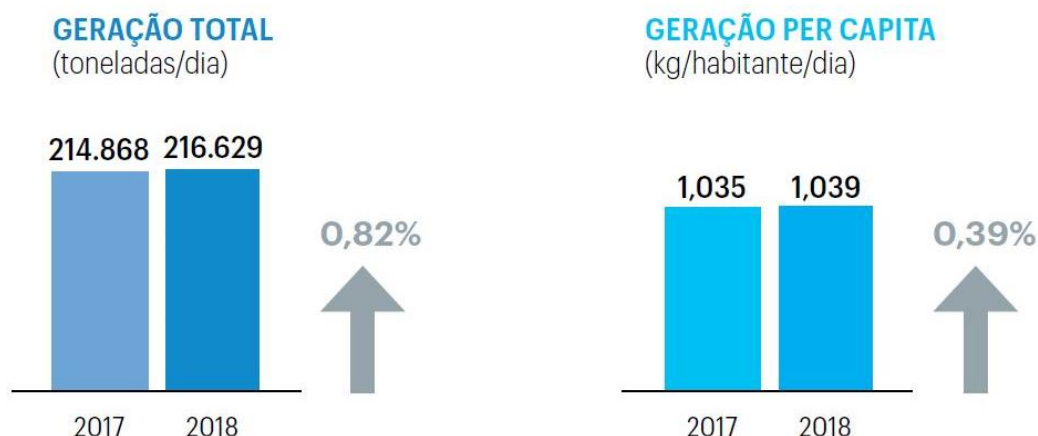
Fonte: adaptado Abrelpe, 2015.

São inegáveis as consequências ambientais, sociais e econômicas que a existência e funcionamento de lixões trazem para a sociedade. Entretanto, encerrar um lixão não é uma tarefa simples. O fechamento de um lixão requer um sistema alternativo de gestão de resíduos com planejamento adequado, capacidade institucional e administrativa, recursos financeiros, apoio social e, finalmente, consenso político (ISWA, 2016). Estas condições podem ser difíceis de encontrar em países onde os lixões são uma forma bastante comum de disposição de resíduos e há falta de governança sobre esse assunto. O fechamento ou a adequação dos lixões são essenciais para controlar os impactos atuais e futuros da gestão de resíduos no meio ambiente e na saúde pública.

3.2 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

Segundo Abrelpe (2019), entre 2017 e 2018, a geração de RSU (resíduos sólidos urbanos) no Brasil aumentou quase 1% e chegou a 216.629 toneladas diárias. Como a população também cresceu no período (0,4%), a geração *per capita* teve elevação um pouco menor (0,39%). Isso significa que, em média, cada brasileiro gerou pouco mais de 1 quilo de resíduo por dia. O Gráfico 1 apresenta a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2017 e 2018.

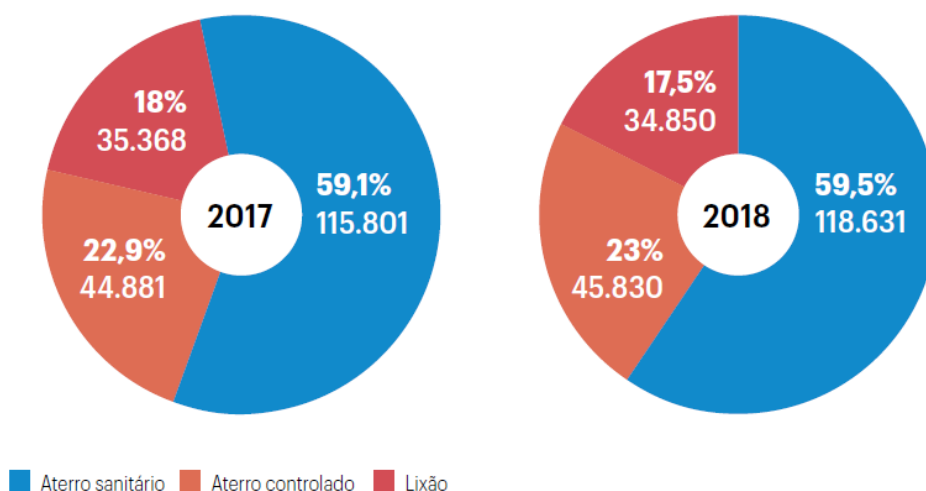
Gráfico 1 - Geração de RSU no Brasil



Fonte: adaptado Abrelpe, 2019.

Ainda segundo Abrelpe (2019), das 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos produzidos no Brasil em 2018, 72,7 milhões (92%) foram coletadas, onde 59,5% tiveram disposição final adequada e foram encaminhadas para aterros sanitários – uma expansão de 0,4% em relação ao valor total do ano anterior. Porém, unidades inadequadas como lixões e aterros controlados ainda têm participação significativa (23% e 17,5%, respectivamente). Tais unidades estão presentes em todas as regiões do país e recebem mais de 80 mil toneladas de resíduos por dia. O Gráfico 2 apresenta o percentual e a quantidade (toneladas/dia) de resíduos sólidos urbanos descartados nos anos de 2017 e 2018 de acordo com o tipo de destinação.

Gráfico 2 - Disposição Final de RSU por Tipo de Destinação (Toneladas/Dia)

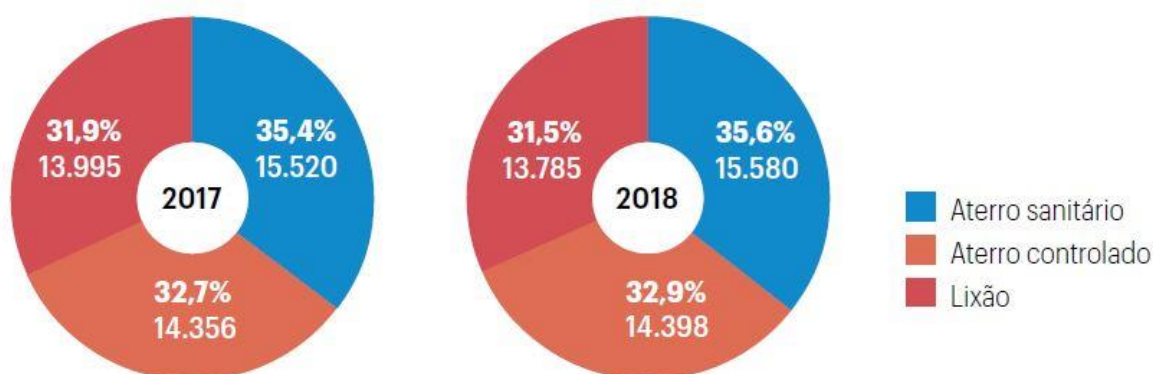


Fonte: adaptado Abrelpe, 2019.

3.2.1 Região Nordeste

O nordeste foi a região com menor índice de cobertura de coleta de RSU no país: seus 1.794 municípios geraram 53.975 toneladas em 2018, das quais 81,1% foram coletadas. Dos resíduos coletados, ao menos 6 em cada 10 toneladas vão para aterros controlados e lixões. Ou seja: mais de 28 mil toneladas por dia são depositadas em locais que podem causar poluição ambiental, com danos à saúde da população (ABRELPE, 2019). O Gráfico 3 apresenta o percentual e a quantidade (toneladas/dia) de resíduos sólidos urbanos descartados de acordo com o tipo de disposição final na região nordeste.

Gráfico 3 - Disposição Final de RSU por Tipo de Destinação no Nordeste (Toneladas/Dia)



Fonte: adaptado Abrelpe, 2019.

3.3 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)

A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2020). Essa lei dispõe sobre os princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos a serem utilizados para alcançar os fins do referido diploma (SANTIN; PEDRINI & COMIRAN, 2017).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos é destinada a todas as instâncias de poder (nacional, estadual, microrregional, regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas, intermunicipal e municipal), a fim de que elaborem seus planos de gestão integrada de resíduos sólidos com vistas a atingir os objetivos descritos no seu artigo 7º (SANTIN; PEDRINI & COMIRAN, 2017).

Além disso, prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado). E institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na logística reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo (BRASIL, 2020).

Como já discutido, a PNRS previa eliminar os lixões a céu aberto no país, aumentar os índices de reaproveitamento dos resíduos recicláveis e responsabilizar os grandes produtores de lixo. Porém, passados dez anos que a lei foi sancionada e seis anos do prazo dado para encerramento dos lixões, nenhuma das metas foi cumprida, e a situação do manejo do lixo no país segue precária, com mais de metade dos municípios brasileiros ainda utilizando cerca de 3.000 lixões em todas as regiões do país.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Como apresentado nesse capítulo, um lixão é um local de disposição final em solo no qual ocorre disposição indiscriminada de resíduos sólidos, com nenhuma ou, no máximo, algumas medidas bem limitadas de controle das operações e proteção do ambiente do entorno. Além do lixão, existem outros métodos de disposição final utilizados, como, o aterro controlado e o aterro sanitário, sendo o último, o meio mais adequado e legalmente aceito adotado no Brasil.

Operar lixões traz uma série de consequências para a sociedade, com impactos negativos ao meio ambiente, a economia, e a população. E apesar da obrigatoriedade legal, encerrar um lixão não é uma tarefa simples, pois, requer a realização de diversas ações e o comprometimento de vários atores.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos traz instrumentos importantes para o correto manejo dos resíduos sólidos em todo o país. E apesar de ser bastante moderna e ampla parece não ter sido suficiente para a eliminação dos lixões, visto que boa parte dos municípios de todas as regiões do Brasil ainda utilizam lixões como principal forma de disposição final dos resíduos sólidos gerados. Diante disso, o poder público precisa investigar ações de caráter urgente que possam solucionar o problema da existência e permanente utilização de lixões no país.

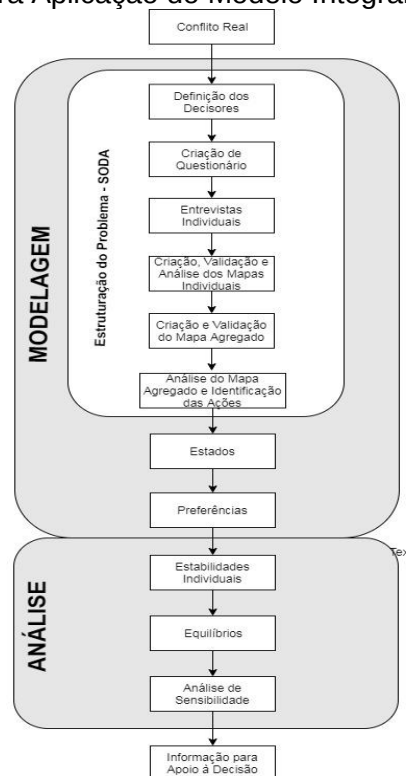
4 PROCESSO PARA ANÁLISE ESTRATÉGICA NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Nesse capítulo apresenta-se o modelo para a análise estratégica do gerenciamento de resíduos sólidos. O modelo foi aplicado em um caso real na cidade de Camaragibe, PE. Alguns trabalhos foram publicados com a utilização parcial ou total do modelo proposto e podem ser verificados em (SILVA e MORAIS, 2020a; SILVA e MORAIS, 2020b; e SILVA e MORAIS, 2020c).

4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O modelo proposto contempla dois estágios: modelagem e análise. O SODA será utilizado para a estruturação do problema nas fases preliminares de modelagem (identificação dos decisores e suas respectivas opções) onde será integrado a estrutura do GMCR. A Figura 1 apresenta as etapas para desenvolvimento do modelo proposto.

Figura 1 - Etapas para Aplicação do Modelo Integrando o SODA ao GMCR



Fonte: O autor (2021).

A seguir, são detalhadas as etapas para aplicação do modelo:

- *Definição dos decisores*: a escolha dos decisores deve considerar os profissionais que estão diretamente envolvidos na tomada de decisão decorrente dos problemas associados ao gerenciamento de resíduos sólidos, normalmente órgãos públicos de fiscalização e controle, e também os profissionais que estão a frente da gestão de lixões nos municípios;
- *Criação de questionário*: um questionário pré-estruturado deve ser desenvolvido para guiar o facilitador na realização das entrevistas. O facilitador não deve se limitar em realizar apenas as perguntas pré-estabelecidas, podendo fazer outros questionamentos que julgue necessários para uma melhor compreensão dos pontos de vista do decisor;
- *Realização de entrevistas individuais*: após o desenvolvimento do questionário pré-estruturado o facilitador deve realizar entrevistas individuais com os decisores a fim de compreender as suas percepções acerca do conflito e obter informações necessárias para a construção dos mapas;
- *Criação, validação e análise dos mapas individuais*: para a análise dos diferentes pontos de vista dos decisores, serão criados os mapas cognitivos individuais através do *software Decision Explorer*, e então validados;
- *Criação e validação do mapa agregado*: nessa etapa o mapa agregado é desenvolvido e então validado; nesse caso, o facilitador desenvolveu o mapa agregado em separado e apresentou aos decisores para possíveis modificações e finalmente a sua validação;
- *Análise do mapa agregado e identificação das ações*: para análise do mapa agregado busca-se inicialmente identificar os tipos de construtos existentes (cabeça, cauda, opções estratégicas, implosões, explosões, ou dominantes). Posteriormente, os construtos são classificados de acordo com o foco apresentado pelos decisores. Ou seja, os construtos são agrupados em *clusters* (grupos) temáticos. Após isso, é feita uma descrição da relevância dos principais construtos do mapa e suas respectivas interações, para assim compreender quais as suas implicações na problemática, e posteriormente buscar identificar as possíveis ações;

- *Estados*: nessa etapa é identificado o conjunto de todas as possíveis combinações das opções dos decisores sejam elas selecionadas ou não, com a remoção dos estados inviáveis (por exemplo, estados com opções que são mutuamente exclusivas);
- *Preferências*: nessa etapa serão elicitadas as preferências de cada decisor. O GMCR+ fornece vários métodos de entrada das preferências. Para este estudo, utilizou-se a priorização de opções através do uso de conectivos lógicos, onde, considerando duas opções A e B, tem-se:
 - A & B significa que o decisor deseja A e B;
 - A / B significa que o decisor deseja A ou B;
 - A if B significa que o decisor deseja A se B for selecionada;
 - A iff B significa que o decisor prefere A se somente se B for selecionada;
 - -A significa que o decisor deseja que A não seja selecionada.
- *Estabilidades Individuais*: nessa etapa são obtidos os estados estáveis para cada jogador envolvido no conflito baseados nos conceitos de solução estabelecidos pelo SAD GMCR+;
- *Equilíbrios*: aqui serão identificados os equilíbrios, ou seja, os estados que são estáveis para todos os decisores de acordo com um conceito de solução específico;
- *Análise de Sensibilidade*: ao considerar a análise de sensibilidade dentro da metodologia GMCR, pode-se determinar como as mudanças nas entradas principais consistindo dos decisores, opções, estados viáveis e preferências, incluindo quaisquer combinações desses quatro parâmetros do modelo, influenciam a obtenção das estabilidades e equilíbrios associados (ZHAO et al., 2019). Entre as quatro entradas, determinar as preferências dos decisores envolvidos na disputa é fundamental no estudo de qualquer situação de conflito, devido a uma série de razões. Diante disso, buscou-se realizar a análise de sensibilidade através da alteração do *ranking* de preferências dos decisores envolvidos no conflito. Essa etapa é necessária para avaliar a robustez das soluções obtidas. Outras formas de realizar a análise de sensibilidade podem ser verificadas em (ZHAO et al., 2019).

4.2 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO NO MUNICÍPIO DE CAMARAGIBE

Camaragibe é um município localizado no Estado de Pernambuco. Pertence a Região Metropolitana do Recife (RMR), capital do Estado, sendo o seu sexto município mais populoso e o oitavo do Pernambuco, com uma população estimada em 158.899 habitantes (IBGE, 2020).

O lixão de Camaragibe é um dos maiores lixões em funcionamento no Estado e o único existente na RMR. Segundo o TCE-PE (2019), o fato da cidade ainda possuir um lixão configura crime ambiental e renúncia de receita, o que pode configurar também um ato de improbidade administrativa. O Ministério Público de Pernambuco estabeleceu um prazo para que fossem eliminados os lixões do Estado, entretanto, ainda há cidades que não removeram seus lixões e continuam a utilizá-los, uma delas é Camaragibe. Diante desses fatores, esse município foi o escolhido para que a proposta metodológica fosse aplicada.

4.2.1 Definição dos Decisores

Foram assumidos três decisores, sendo eles os representantes dos seguintes setores: (i) Ministério Público de Pernambuco (MPPE); (ii) Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco (TCE-PE); e (iii) Secretaria de Infraestrutura de Camaragibe. A escolha dos decisores se deu considerando os profissionais que estão diretamente envolvidos na tomada de decisão decorrente dos problemas associados ao gerenciamento de resíduos sólidos no Estado de Pernambuco (decisores i, ii), e ao tomador de decisão responsável pela administração do lixão de Camaragibe (decisoriii). Além disso, esses são os atores que tem o poder de influenciar o resultado final do conflito.

4.2.2 Criação de Questionário

Foi desenvolvido um questionário com quatro perguntas iniciais para que os entrevistados discorressem sobre a situação em questão. Essas perguntas são apresentadas a seguir:

- Quais são os problemas/consequências gerados pela existência de lixões no Pernambuco?
- Como você acredita que esses problemas poderiam ser resolvidos?
- Quais são as ações tomadas a fim de mitigar ou solucionar o problema da existência de lixões no estado?
- Você acredita que essas ações são suficientes? Por quê?

4.2.3 Realização de Entrevistas Individuais

O questionário foi aplicado pelo facilitador (o autor da pesquisa), a cada decisor separadamente. Com a aplicação do questionário foi realizado o *brainstorming* e o levantamento dos pontos de vista dos decisores. Algumas das entrevistas foram gravadas com o consento dos entrevistados e anotações foram feitas pelo facilitador no decorrer das mesmas. Nas entrevistas, foram levantados os pontos de vista de cada decisor em relação ao problema descrito pelo rótulo (*label*) “*existência de lixões no Estado de Pernambuco*”. Durante as entrevistas individuais, o facilitador estimulou os respondentes a pensarem sobre ações para resolver o problema.

4.2.4 Criação, Validação e Análise dos Mapas Individuais

Nessa etapa, as ideias ou conceitos dos decisores foram convertidas em construtos, com base nas informações obtidas através das entrevistas. Os mapas individuais foram então apresentados a cada decisor, caso eles julgassem necessário, mudanças poderiam ser feitas nos mapas individuais e posteriormente dadas as respectivas validações. Por fim, realizou-se a análise dos mapas individuais, inicialmente através da identificação dos tipos de construtos existentes em cada mapa (construtos do tipo cabeça, cauda, dominantes, implosões, explosões, ou opções estratégicas). Após isso, buscou-se compreender como esses construtos interagem entre si e como eles influenciam na problemática sob a perspectiva de cada ator.

4.2.5 Criação e Validação do Mapa Agregado

Nessa etapa, foi desenvolvido o mapa agregado (Apêndice B), que serve para apresentar os pontos convergentes e divergentes dos decisores de forma organizada, integrada e racional, além de permitir uma visão geral sobre o problema. Posteriormente a construção do mapa, o mesmo foi verificado e validado pelo decisores envolvidos no conflito.

4.2.6 Análise do Mapa Agregado e Identificação das Ações

Após a validação, o mapa agregado foi finalmente analisado. De acordo com a percepção dos decisores sobre o problema, foi possível definir um objetivo comum, que é: *erradicar os lixões no Estado*. Portanto, essa ideia foi considerada como o construto cabeça (construto **1**, na cor verde claro) do mapa agregado (Apêndice B), pois sob a ótica dos decisores, a eliminação dos lixões é o ponto chave e de maior urgência para a situação atual do gerenciamento de resíduos sólidos no Estado de Pernambuco.

Para ajudar na análise do mapa agregado, os construtos foram então classificados de acordo com o foco apresentado pelos decisores. Ou seja, os conceitos foram agrupados em *clusters* (grupos) temáticos, divididos em três diferentes partes:

- *Econômico-financeiro*: construtos relacionados a questões que envolvem limitações de recursos e geração de renda;
- *Socio-ambiental*: construtos relacionados às ações sociais e consequências socioambientais geradas pelo problema;
- *Gerenciamento*: construtos relacionados às políticas desenvolvidas pelos órgãos fiscalizadores e de controle e pelos gestores municipais.

A Tabela 2 apresenta o conjunto de construtos indicados pelos decisores separados por *clusters*, que farão parte do mapa agregado. Os decisores mencionaram um total de 61 construtos em seus mapas individuais, que foram avaliados e reduzidos para um total de 30 no mapa agregado. Essa redução no número de construtos se deu porque determinadas ideias apresentadas pelos

diferentes decisores se repetem ou se completam e acaba por ser necessário uni-las em um único construto no mapa agregado. Uma lista completa dos 30 construtos do mapa agregado separados por *clusters* pode ser analisada no Apêndice A.

A Tabela 2 apresenta um total de 28 construtos no mapa agregado diferente dos 30 anteriormente mencionados, assim como apresenta 55 na soma de todos os construtos dos mapas individuais, diferente dos 61 anteriormente mencionados, isso se dá porque estão sendo considerados apenas os construtos que fazem parte de algum *cluster*, ou seja, os construtos do tipo cabeça e opção estratégica de cada mapa (que nesse conflito coincidentemente foram os mesmos para todos os decisores) não estão sendo considerados.

Tabela 2 - Lista de Construtos Separados por *Clusters* e Atores

	MPPE	TCE-PE	Secretaria de Infraestrutura	Total	Total no mapa agregado
Econômico-financeiro	2	5	1	8	5
Sócio-ambiental	8	5	6	19	10
Gerenciamento	10	10	8	28	13
Total	20	20	15	55	28

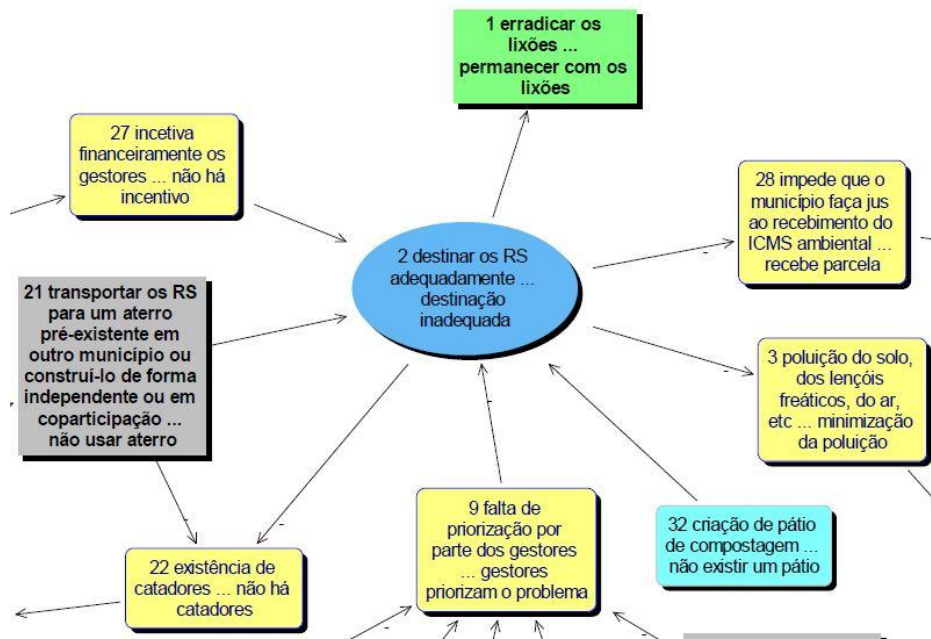
Fonte: O autor (2021)

4.2.6.1 Análise dos Principais Construtos no Mapa Agregado

Seguindo na análise do mapa agregado, percebeu-se a existência de um construto do tipo opção estratégica (construto **2**, na cor azul). Esse construto tem ligação direta com o construto cabeça e constitui opções, ações, ou fatos que materializarão os resultados expressos pelos construtos cabeça. Na visão do grupo entrevistado, a opção estratégica a fim de eliminar os lixões é o construto **2**. Para eles, o princípio chave para que os lixões deixem de existir é através da destinação adequada dos resíduos sólidos **2**, enquanto que, a destinação inadequada dos mesmos (seu polo oposto) além de permitir a permanência da existência dos lixões, implicará em uma série de consequências negativas (setas com sinais negativos emanando), como por exemplo, na poluição do meio ambiente **3**, o que consequentemente causará um impacto ambiental na região **6**, e levará a uma exposição da população ao contato com substâncias tóxicas, ar e água poluídos, e

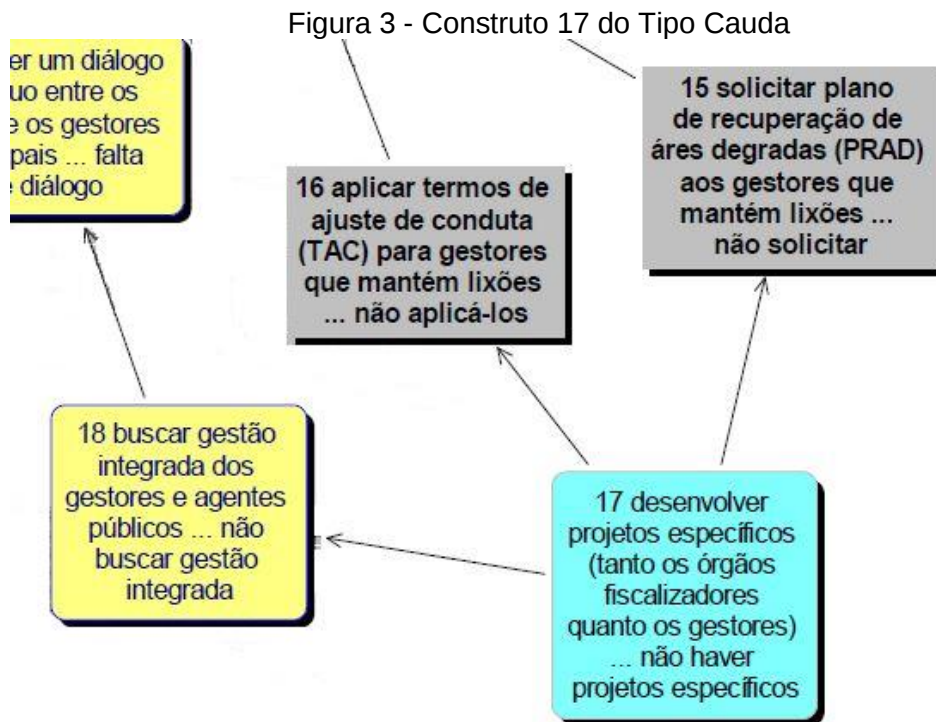
animais contaminados **4**; além disso, a destinação inadequada dos RS implicará na existência de catadores **22** e na impossibilidade do município receber a parcela do ICMS ambiental **28**, acarretando em uma renúncia de receita por parte dos gestores municipais **29**. O construto **2** pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Construto 2 do Tipo Opção Estratégica



Fonte: O autor (2021)

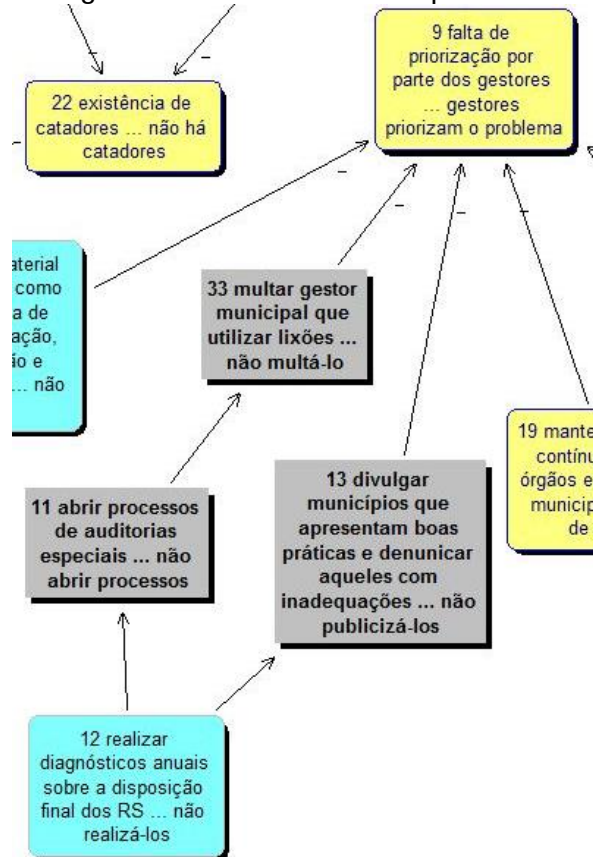
Dois construtos do tipo cauda se destacaram no mapa agregado, são eles construtos **17** e **12**. Os construtos do tipo cauda se constituem como causa primária ou elemento desencadeador e não apresentam construtos sendo conduzidos em direção a eles. O construto **17** (Figura 3) apresenta que, tanto os órgãos fiscalizadores e de controle quanto os gestores municipais desenvolverem projetos específicos para lidar com a problemática da existência de lixões é de suma importância para um melhor gerenciamento dos resíduos sólidos. Assim, quando todos os atores envolvidos têm projetos diretamente ligados a esse tema, isso pode levar a um conjunto de ações possíveis a serem tomadas (construtos **14**, **15**, e **16**), sendo assim o construto **17** um elemento desencadeador de ações assim como de consequências positivas (construtos **18** e **19**), culminando em uma priorização por parte dos gestores municipais em relação ao problema **-9**.



Fonte: O autor (2021)

Já o construto **12** também do tipo cauda, mostra que, a realização de diagnósticos anuais sobre a disposição final dos resíduos sólidos permite divulgar municípios que apresentam boas práticas no gerenciamento de resíduos sólidos assim como denunciar aqueles que permanecem destinando-os de forma inadequada **13**. Além disso, tais relatórios proporcionam as informações necessárias para que os órgãos competentes possam fiscalizar os municípios e abrir processos de auditorias especiais para aqueles que apresentam inadequações **11**, isso permite delimitar prazos para os gestores municipais apresentarem planos de ações para as adequações necessárias e possibilita também a imputação de débitos pessoais para os gestores que utilizarem lixões **33**. Por fim, a realização de tais ações também culmina na priorização do problema por parte dos gestores municipais **-9**. O construto **12** pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 - Construto 12 do Tipo Cauda

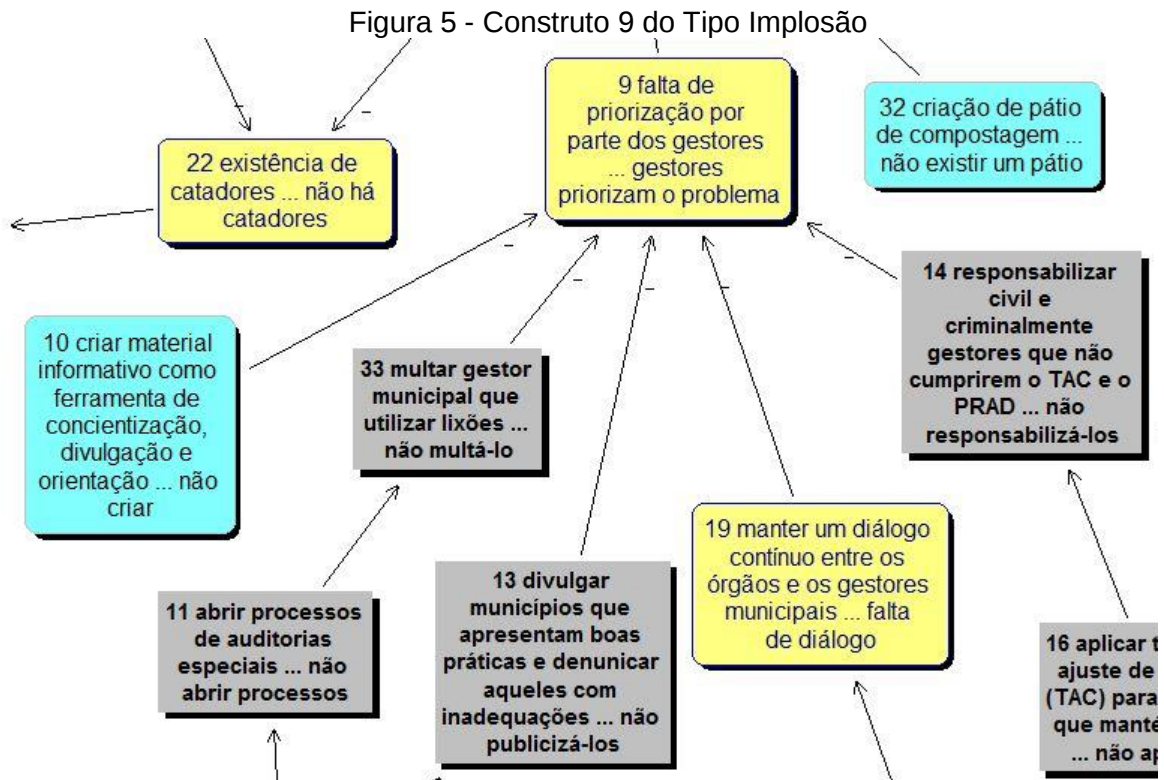


Fonte: O autor (2021)

Por outro lado, o já citado construto **9** (Figura 5), é do tipo implosão. Os construtos desse tipo caracterizam-se pelo número expressivo de ligações que recebem. Onde, geralmente encerram em si um efeito principal ou uma consequência. Assim, trata-se de um construto diretamente afetado por outros e demanda atenção.

O mapa agregado apresenta o construto **9** como sendo dessa natureza, pois, o mesmo recebe um número expressivo de ligações. Esse construto recebe ligações de polo oposto dos construtos **10**, **13**, **14**, **19** e **33**. Esse construto traz a ideia de que os gestores municipais muitas vezes não tem ciência sobre a seriedade do problema da existência de lixões, o que os leva a não priorizar esse tema, permanecendo assim a realizar a destinação inadequada dos resíduos sólidos gerados em seus municípios -2. Entretanto, quando um conjunto de ações é realizado (construtos **10**, **11**, **12**, **13**, **14**, **15**, **16**, **17** e **33**) acaba por gerar uma maior ciência por parte dos

gestores acerca da seriedade do problema fazendo com que os mesmos priorizem a correta destinação dos resíduos sólidos.

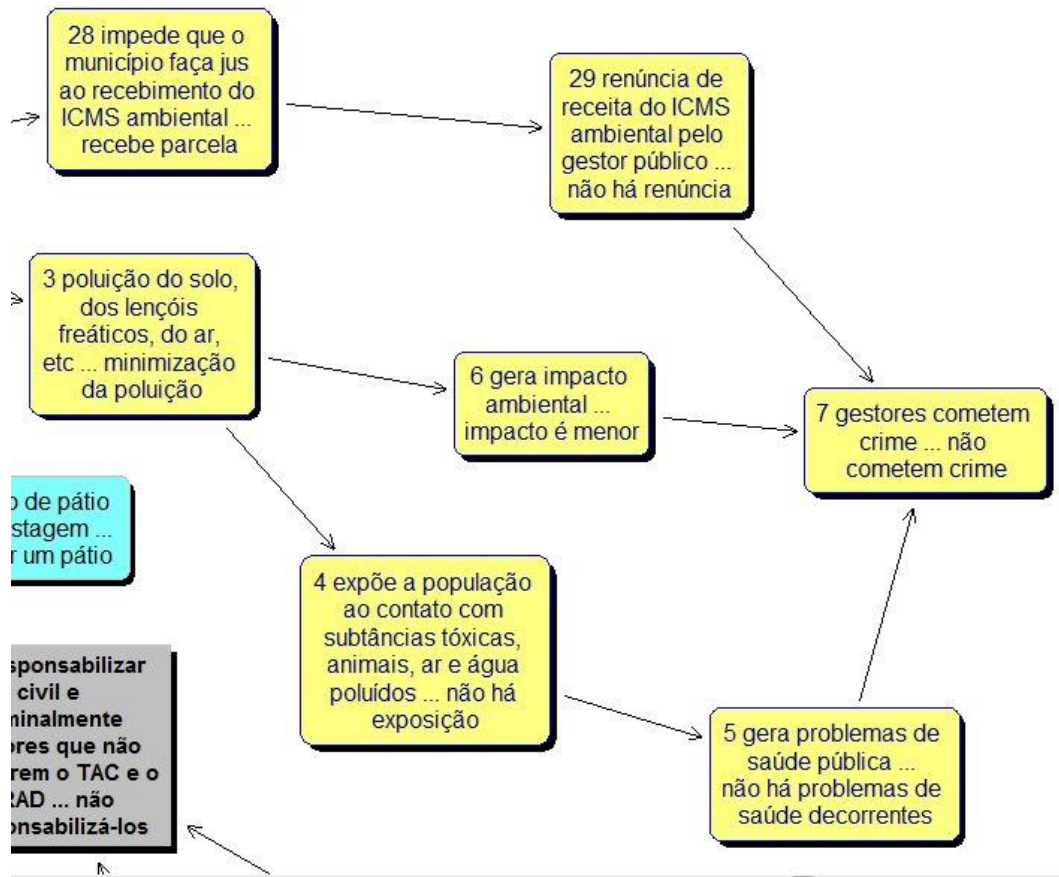


Fonte: O autor (2021)

O construto 7 também é do tipo implosão pois recebe ligações de várias áreas do mapa (Figura 6). Esse construto apresenta que, a destinação inadequada dos resíduos sólidos pelos gestores municipais pode acarretar no cometimento de vários crimes. Por exemplo, os municípios que não realizarem a correta disposição final dos resíduos sólidos ficam impossibilitados de receber a parcela do ICMS ambiental 28, que é um incentivo financeiro aplicado pelo governo do Estado 27. Assim, esses municípios estão, na verdade, renunciando receita 29, o que pode caracterizar ato de improbidade administrativa, levando assim ao cometimento de um ato ilegal 7. Além disso, a destinação inadequada dos resíduos sólidos causa uma série de consequências negativas para o meio ambiente, como, poluição do solo, dos lençóis freáticos, e do ar 3, o que consequentemente, causa um impacto ambiental 6, e expõe a população que reside próximo aos lixões ao contato com substâncias tóxicas, animais, ar e água poluídos 4, gerando assim um problema de saúde

pública **5**. Dessa forma, os gestores municipais acabam cometendo atos ilegais pelos crimes ambientais e pelo impacto negativo sobre a saúde pública.

Figura 6 - Construto 7 do Tipo Implosão



Fonte: O autor (2021)

4.2.6.2 Identificação das Ações

Após a análise do mapa agregado percebeu-se que muitas das ideias expressadas pelos decisores eram na realidade ações que poderiam ser realizadas a fim de melhor lidar com a problemática e até mesmo solucioná-la. Com isso, esses construtos foram então diferenciados no mapa agregado por diferentes cores e formatos (Apêndice B). Em especial, os construtos na cor cinza e em negrito representam ações. Os construtos na cor verde turquesa (que são todos do tipo cauda) também representam ações, com exceção do construto **20**. Além desses construtos, existem os construtos amarelos que são ideias gerais, o construto verde claro (construto cabeça) e o construto azul (opção estratégica), os construtos com suas cores e a legenda podem ser verificados no Apêndice B.

Assim, foi possível identificar uma série de ações que podem ser desenvolvidas pelos decisores envolvidos para que se possa chegar ao objetivo final que é a erradicação dos lixões no Estado. O Quadro 5, apresenta essas ações. Essas informações servirão de entrada para as etapas subsequentes do GMCR.

Quadro 5 - Lista de Ações que Podem Ser Realizadas Pelos *Stakeholders*

Ação	Órgão responsável
Desenvolver projetos específicos para lidar com a problemática	Todos
Manter um diálogo contínuo entre os órgãos e os gestores municipais	Todos
Solicitar plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD) aos gestores que mantêm lixões	MPPE
Aplicar termos de ajuste de conduta (TAC) para gestores que mantêm lixões	MPPE
Responsabilizar civil e criminalmente gestores que não cumprirem o TAC e o PRAD	MPPE
Realizar diagnósticos anuais sobre a disposição final dos RS	TCE-PE
Abrir processos de auditorias especiais	TCE-PE
Multar gestor municipal que utilizar lixões	TCE-PE
Divulgar municípios que apresentam boas práticas e denunciar aqueles com inadequações	TCE-PE
Criar cooperativas de catadores	Município
Proporcionar treinamentos e cursos profissionalizantes para os catadores	Município
Transportar os RS para um aterro pré-existente em outro município ou construí-lo de forma independente ou em coparticipação.	Município
Criar pátio de compostagem	Município
Implantar repasse do ICMS ambiental para municípios com boas práticas.	Governo do Estado

Fonte: O autor (2021)

Como foi apresentado anteriormente, foram identificados três decisores, sendo eles os representantes dos seguintes setores: (DM1) Ministério Público de Pernambuco; (DM2) Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco; e (DM3) Secretaria de Infraestrutura de Camaragibe-PE. Para a definição das opções que cada decisor tem em mãos, a fim de alimentar o SAD GMCR+, foi analisado o

conjunto de ações do Quadro 5. Vale ressaltar que, nem todas as ações serão utilizadas para a modelagem no GMCR, pois, algumas delas são na verdade orientações gerais, e perspectivas subjetivas dos decisores. Assim, buscou-se identificar quais ações são essenciais para o problema, sob uma perspectiva prática, que através delas o problema poderá ser resolvido. Com isso, foram definidas as opções disponíveis para cada decisor. Além disso, o estágio de estruturação do problema permitiu compreender o *status quo* do problema. Essas informações podem ser vistas no Quadro 6.

Quadro 6 - Decisores e Respectivas Opções

Decisor	Opção	Descrição	Status quo
DM1	1	Responsabilizar civil e criminalmente o gestor municipal que realizar a disposição inadequada dos resíduos sólidos	N
	2	Solicitar termo de ajuste de conduta (TAC) e plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD)	Y
DM2	3	Realizar diagnósticos anuais sobre a disposição final dos resíduos sólidos nos municípios	Y
	4	Denunciar município que realizar a disposição inadequada dos resíduos sólidos	Y
	5	Multar o gestor municipal por má conduta na disposição dos resíduos sólidos	N
DM3	6	Realizar a correta disposição dos resíduos sólidos	N
	7	Permanecer utilizando lixão	Y
	8	Aplicar plano de recuperação de áreas degradadas	N
Legenda: “Y” significa que a respectiva opção é selecionada e “N” significa o contrário			

Fonte: O autor (2021)

O estado (N-Y-Y-Y-N-N-Y-N) é o *status quo* (Quadro 6) do conflito. Ou seja, a situação atual do conflito é a que se segue: o Tribunal de Contas do Estado (TCE-PE) vem realizando diagnósticos anuais sobre a disposição final de resíduos sólidos nos municípios desde 2014, enviando cópia ao Ministério Público (MPPE). Essas ações foram reforçadas por abertura de processos de auditorias especiais, em 2018, onde os municípios que não estavam atendendo aos preceitos de disposição ambientalmente correta foram acompanhados de forma individualizada, ocorrendo inclusive imputação de débitos pessoais a alguns gestores e denúncia ao MPPE.

O MPPE tem dialogado com os municípios que permanecem dispondo os seus resíduos sólidos em lixões e negociou a assinatura de acordo de não persecução penal por parte dos gestores municipais visando o encerramento dos lixões, estabelecendo um prazo para o fechamento. Além disso, os gestores municipais deveriam cumprir com um termo de ajuste de conduta (TAC) e aplicar um plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD), para não serem processados criminalmente. Porém, se após o prazo estabelecido os gestores municipais não fizerem o que foi estabelecido o MPPE poderá denunciá-los criminalmente.

Por outro lado, a prefeitura de Camaragibe tem realizado algumas ações positivas como a criação de um pátio de compostagem e a realização de coleta seletiva no mercado público da cidade. Entretanto, tais ações não são suficientes uma vez que o município permanece dispondo seus resíduos sólidos no lixão da cidade, assim como não tem aplicado nenhum plano de recuperação das áreas degradadas pela existência do lixão.

4.2.7 Estados Possíveis

Um estado é um vetor composto por "Y" (yes) ou "N" (no), onde "Y" significa que a respectiva opção é selecionada e "N" significa o contrário. O número de estados (k) é calculado a partir do número de opções: $k = 2^m$, onde m é o número de opções disponíveis aos decisores. Assim, inicialmente foram identificados 256 estados resultantes da combinação das oito opções disponíveis no conflito (2^8).

Alguns dos estados gerados são considerados inviáveis, pois, não são possíveis de acontecer na situação real. Por exemplo, os estados em que as opções -3 e 4 são selecionadas simultaneamente foram considerados inviáveis, pois, se o DM2 não realizar diagnósticos anuais sobre a disposição final dos resíduos sólidos nos municípios (opção -3) o mesmo não terá informação atualizada e consequentemente não poderá denunciar aqueles municípios que estiverem realizando a disposição inadequada dos seus resíduos sólidos (opção 4). Outro exemplo ocorre entre as opções 6 e 7, que são mutuamente excludentes. Nesse caso, umas dessas opções deverá necessariamente ser selecionada, e ambas jamais poderão ocorrer simultaneamente, pois, ou o DM3 decide utilizar um aterro sanitário para realizar a correta disposição dos seus resíduos sólidos, ou

permanece a utilizar o lixão para esse fim. Assim, todos os estados que apresentaram a combinação (Y-Y) e (N-N) para as opções 6 e 7 foram removidos. Após a análise de viabilidade dos estados, os estados inviáveis foram identificados e removidos, resultando assim em 80 estados possíveis (Tabela 3).

Tabela 3 - Estados Possíveis

Estado Opção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
2	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y
3	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
4	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y
5	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
7	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
8	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Estado Opção	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
2	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y
3	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
4	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y
5	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
7	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
8	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Estado Opção	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
2	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y
3	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
4	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y
5	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
7	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
8	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Estado Opção	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
1	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
2	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y
3	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
4	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y
5	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
7	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
8	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

Fonte: O autor (2021)

4.2.8 Preferências

Após a identificação dos estados possíveis, foram elicitadas as preferências de cada decisor (Tabela 4). O GMCR+ fornece vários métodos de entrada das preferências. Para este estudo, utilizou-se a priorização de opções através do uso de conectivos lógicos, como apresentado anteriormente. As preferências foram elicitadas através da ordenação direta do que seria mais importante para cada um dos decisores.

Tabela 4 - <i>Ranking</i> de Preferências			
Ordem de Prioridade	DM1	DM2	DM3
1ª (maior)	6	6	-4
2ª	8	8	-1
3ª	4	3	-5
4ª	2	4	2
5ª	5 iff 7	2	6
6ª (menor)	1 iff 7	5 iff 7	8

Fonte: O autor (2021)

Para o DM1, por exemplo, a opção mais preferível é que o DM3 realize a correta disposição final dos seus resíduos sólidos (opção 6), enquanto a segunda opção mais preferível é que o DM3 aplica o plano de recuperação de áreas degradadas (opção 8). Na sequência, as opções mais preferíveis são que, o DM2 denuncie o município que realizar a disposição inadequada dos seus resíduos sólidos (opção 4), e que o próprio DM1 solicite o TAC e o PRAD para o município (opção 2). Por fim, as duas últimas opções do seu *ranking* de preferências são condicionais, pois, para o DM1, o DM2 deve multar o DM3, se e somente se, ele permanecer utilizando o lixão (5 iff 7), ideia similar para a opção final no seu *ranking*, onde, o DM1 responsabilizará civil e criminalmente o DM3, também, se e somente se, ele permanecer utilizando o lixão (1 iff 7).

4.2.9 Estabilidades Individuais e Equilíbrios

Definidas as alternativas preferenciais para cada jogador, foi executada a simulação. Neste estágio, o GMCR+ indicou para cada jogador as estabilidades individuais, isto é, os estados estáveis para cada jogador envolvido no conflito. Ao final, o GMCR+ apontou os estados que são equilíbrios para o conflito como um todo, ou seja, estados estáveis para todos os jogadores, e que são potenciais resoluções para o conflito.

Nesse conflito, 63 estados apresentaram equilíbrios, onde, quatro deles (estados 51, 52, 59 e 60) são equilíbrios fortes (Figura 7), isto é, são estados estáveis para todos os decisores em todas as definições de estabilidade. Assim sendo, esses estados se apresentam como potenciais resoluções para o conflito.

Por outro lado, os 59 estados restantes apresentaram equilíbrios em apenas duas definições de estabilidade, são elas: Estabilidade Meta-racional Geral (GMR), e Estabilidade Meta-racional Simétrica (SMR).

Figura 7 - Estados com o Maior Número de Equilíbrios

Ordered Decimal		Filter	51 174	52 175	59 190	60 191
1 - DM1	Responsabilizar civi	☐	N	Y	N	Y
	Solicitar termo	☐	Y	Y	Y	Y
2 - DM2	Realizar diagnóstico	☐	Y	Y	Y	Y
	Denunciar município	☐	Y	Y	Y	Y
	Multar o gestor muni	☐	N	N	Y	Y
3 - DM3	Realizar a correta d	☐	Y	Y	Y	Y
	Permanecer utilizand	☐	N	N	N	N
	Aplicar PRAD	☐	Y	Y	Y	Y
Nash		☐	Y	Y	Y	Y
GMR		☐	Y	Y	Y	Y
SEQ		☐	Y	Y	Y	Y
SIM		☐	Y	Y	Y	Y
SEQ & SIM		☐	Y	Y	Y	Y
SMR		☐	Y	Y	Y	Y

Fonte: O autor (2021)

4.2.10 Análise de Sensibilidade

Para realizar a análise de sensibilidade, os *rankings* de preferências de todos os decisores foram alterados separadamente. Essas alterações podem ser verificadas na Tabela 5.

Após as alterações nos *rankings* de preferências, pode-se notar que não houve mudanças nos resultados em relação aos principais equilíbrios dos estados. Ou seja, os estados 51, 52, 59 e 60 permaneceram sendo os únicos estados estáveis com equilíbrios fortes, mantendo-se como potenciais resoluções para o conflito. Dessa maneira, pode-se afirmar que, diante da análise de sensibilidade executada o modelo é considerado robusto para os resultados obtidos, podendo estes ser utilizados em uma possível recomendação.

Tabela 5 - Alterações nos *Rankings* de Preferências dos Decisores

DM1		DM2		DM3	
Preferências Originais	Preferências Alteradas	Preferências Originais	Preferências Alteradas	Preferências Originais	Preferências Alteradas
6	8	6	3	-4	-5
8	4	8	6	-1	-4
4	6	3	8	-5	-1
2	1 iff 7	4	2	2	8
5 iff 7	5 iff 7	2	5 iff 7	6	2
1 iff 7	2	5 iff 7	4	8	6

Fonte: O autor (2021)

4.2.11 Informação para Apoio à Decisão

De acordo com os estados que apresentaram equilíbrios fortes (51, 52, 59 e 60), todos sugerem que o MPPE (DM1) cobre o município solicitando o termo de ajuste de conduta e o plano de recuperação de áreas degradadas, o que de fato já tem sido feito. Os estados 52 e 60 sugerem ainda que o MPPE tenha uma postura mais incisiva ameaçando o gestor municipal através da responsabilização civil e criminal mesmo este decidindo realizar a correta disposição dos seus resíduos sólidos. Os estados 51 e 59 por sua vez orientam que o MPPE não responsabilize criminalmente o gestor municipal visto que ele já estará comprometido em realizar a correta disposição final e a aplicação do PRAD.

Para o TCE-PE (DM2), todos os estados recomendam que este realize os diagnósticos anuais sobre a disposição final dos resíduos sólidos nos municípios, visto que essa é uma ação muito importante, pois, é através dos diagnósticos anuais que o TCE-PE tem conhecimento sobre quais municípios estão adequados, quais não, e quais deles ocasionalmente mudaram o seu *status*, e assim, podem denunciar aqueles que agem ilegalmente para o MPPE (DM1). Além disso, todos os estados sugerem que o TCE-PE de fato denuncie ao MPPE o município que estiver utilizando lixões, para suas ações cabíveis. Por fim, os estados 59 e 60 sugerem que o TCE-PE tenha um comportamento ainda mais incisivo multando o município caso o mesmo permaneça a utilizar lixões.

Já em relação ao Município (DM3), todos os estados recomendam que este realize a correta disposição dos seus resíduos sólidos, e conseqüentemente pare de utilizar o lixão, além disso, os estados recomendam também que esse decisor aplique um plano de recuperação de áreas degradadas pela existência do lixão. Com essas ações, o gestor municipal estará de acordo com os preceitos legais e não correrá o risco de ser multado ou até mesmo responsabilizado criminalmente.

Por fim, diante do que foi discutido, o estado 60 destaca-se dentre os estados com equilíbrios fortes por propor uma participação mais efetiva dos órgãos de fiscalização e controle, trazendo a importância das ações do MPPE e do TCE-PE para uma possível resolução do conflito, pois, esse estado recomenda que o TCE-PE aja de forma mais participativa no combate a existência de lixões, pressionando o gestor municipal a cumprir com suas obrigações, aplicando punições sempre que necessário, e enviando informações importantes para o MPPE através dos seus relatórios, levando o gestor municipal a realizar as ações necessárias para a sua regularização, visto a possibilidade do mesmo sofrer penalidades ainda maiores por parte do MPPE, como no caso de denúncia criminal. Assim, o estado 60 é considerado uma possível resolução para o conflito do gerenciamento de resíduos sólidos no caso em questão, e pode ser comparado com o *status quo* do conflito na Tabela 6.

Tabela 6 - *Status Quo* vs. Estado Recomendado

Decisor	Opção	Descrição	Status quo	Estado recomendado
DM1	1	Responsabilizar civil e criminalmente o gestor municipal que realizar a disposição inadequada dos resíduos sólidos	N	Y
	2	Solicitar termo de ajuste de conduta (TAC) e plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD)	Y	Y
DM2	3	Realizar diagnósticos anuais sobre a disposição final dos resíduos sólidos nos municípios	Y	Y
	4	Denunciar município que realizar a disposição inadequada dos resíduos sólidos	Y	Y
	5	Multar o gestor municipal por má conduta na disposição dos resíduos sólidos	N	Y
DM3	6	Realizar a correta disposição dos resíduos sólidos	N	Y
	7	Permanecer utilizando lixão	Y	N
	8	Aplicar plano de recuperação de áreas degradadas	N	Y
Legenda: “Y” significa que a respectiva opção é selecionada e “N” significa o contrário				

Fonte: O autor (2021)

4.3 IMPLICAÇÕES E IMPACTOS GERENCIAIS NO USO DO PROCESSO

O processo metodológico proposto nesse trabalho pode apoiar os decisores envolvidos no estudo de caso em questão na tomada decisão associada ao gerenciamento de resíduos sólidos do município. Além disso, as recomendações para os órgãos de fiscalização e controle (DMs 1 e 2) aqui feitas, podem ser consideradas para a forma com estes devem agir com os demais municípios do Estado que mantém comportamento semelhante ao do município aqui analisado.

Além disso, tal processo metodológico poderá apoiar também o poder público de outras regiões do país que lidam com um problema similar, visto que o funcionamento de lixões é uma problemática bastante recorrente em todo o Brasil, e que os órgãos envolvidos nesse tipo de conflito são praticamente os mesmos em todo o território nacional.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Esse capítulo apresentou o processo metodológico para a análise estratégica no gerenciamento de resíduos sólidos. A fim de demonstrar aplicabilidade, foi feita uma aplicação em um caso real no município de Camaragibe, que possui um dos maiores lixões em funcionamento do Estado de Pernambuco.

Partindo do mapeamento estratégico foi possível analisar e integrar as múltiplas perspectivas dos atores envolvidos na problemática e por fim identificar um conjunto de ações que possam ser realizadas a fim de solucionar o problema. O SODA se mostrou como uma ferramenta bastante útil para obter uma melhor compreensão sobre o problema, permitindo analisar os diferentes pontos de vista dos atores envolvidos e integrar as suas diferentes perspectivas possibilitando uma visão holística acerca do problema da existência de lixões no Estado de Pernambuco.

Posteriormente, as informações obtidas foram utilizadas nas fases subsequentes do GMCR, o que se mostrou bastante útil, pois, possibilitou uma modelagem estruturada e baseada em uma compreensão mais profunda do conflito. Finalmente, obtiveram-se os equilíbrios que foram então analisados e, por fim, realizadas as recomendações para possível resolução.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Nesse capítulo são apresentadas as conclusões do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

5.1 CONCLUSÕES

Esse trabalho propôs um modelo através de uma integração multimetodológica para a análise estratégica e apoio a tomada de decisão relacionada ao gerenciamento de resíduos sólidos no Estado de Pernambuco. A aplicação multimetodológica se deu através da integração do SODA às fases iniciais da abordagem de resolução de conflitos GMCR. O trabalho foi aplicado a um caso real, em um dos maiores lixões em funcionamento do Estado de Pernambuco, localizado na cidade de Camaragibe, que faz parte da Região Metropolitana do Recife. Foram assumidos três decisores, sendo eles os representantes dos seguintes setores: (i) Ministério Público de Pernambuco; (ii) Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco; e (iii) Secretaria de Infraestrutura de Camaragibe. Após a utilização da multimetodologia, foi possível obter uma melhor compreensão sobre o problema da permanente utilização de lixões no Estado de Pernambuco, assim como propor potenciais resoluções para o conflito.

A aplicação do SODA se mostrou bastante proveitosa para o melhor entendimento da situação problemática, permitindo analisar os diferentes pontos de vista dos atores envolvidos e integrar as suas múltiplas perspectivas, apresentando, por fim, uma visão holística sobre o problema. Além disso, esse PSM proporcionou a identificação de um conjunto de ações que podem ajudar os decisores no processo de tomada de decisão no que concerne a eliminação de lixões no Estado. Essas informações foram fundamentais para as fases subsequentes do GMCR.

O GMCR foi então aplicado para analisar o conflito e propor soluções. Foi gerado um total de 256 estados, que foi reduzido para 80 estados possíveis. Com a utilização do SAD GMCR+, foi possível identificar os equilíbrios mais fortes para a possível resolução do conflito, tendo como recomendação de solução final o estado 60, que se destacou dentre os estados que apresentaram o maior número de equilíbrios.

Esse trabalho traz contribuições de caráter ambiental, social e econômico, pois, as recomendações aqui propostas poderão ajudar os órgãos de fiscalização e controle e os municípios a lidarem melhor com esse problema, possibilitando que os municípios possam fazer a correta disposição final dos seus resíduos sólidos através da utilização de aterros sanitários, (i) mitigando o impacto ambiental causado pela geração do lixo, (ii) protegendo/prevenindo a população das consequências geradas na saúde pública pela existência de lixões, (iii) impossibilitando que os gestores municipais utilizem recursos públicos para a manutenção de vazadouros e (iv) reduzindo o gasto público com saúde decorrente dos problemas causados pelo uso dos lixões.

Além disso, o uso da multimetodologia através da integração de um PSM com o GMCR apresenta-se como uma ideia inovadora, pois, não há na literatura existente estudos que realizem tal integração, trazendo assim, uma contribuição teórica através da verificação da viabilidade no desenvolvimento de tal integração de métodos.

Assim, conclui-se que tal combinação se mostrou bastante apropriada, pois, a utilização do SODA facilitou o processo de modelagem do conflito no GMCR, possibilitando uma compreensão mais ampla sobre o problema previamente ao estágio de análise. Assim, essa pesquisa mostra sua relevância, uma vez que tornou possível a análise estratégica de um conflito real envolvendo o gerenciamento de resíduos sólidos através de uma integração metodológica demonstrando assim a aplicabilidade de tais metodologias nesse contexto.

5.2 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se a análise desse conflito numa perspectiva de jogo evolucionário, que considere caminhos futuros que o conflito possa assumir após a possível solução para o estado atual. Visto que, caso o município venha a se adequar realizando a correta disposição final dos seus resíduos sólidos, o mesmo poderá mudar sua condição futura, voltando a utilizar lixões, podendo assim ser desenvolvido um modelo matemático que represente essa dinâmica ao longo do tempo, proporcionando apoio a tomada de decisão para os decisores envolvidos numa perspectiva de longo prazo.

Além disso, sugere-se o desenvolvimento de um modelo para apoiar os gestores municipais a decidirem qual alternativa utilizarão para realizar a correta disposição final dos seus resíduos sólidos, visto que, como foi apresentado no estudo, isso pode ser feito de diversas formas, como: construindo um aterro de forma independente, construindo um aterro em coparticipação com outros municípios, transportando os resíduos sólidos para um aterro já existente, etc.

REFERÊNCIAS

ACKERMANN, F. (2012). Problem structuring methods ‘in the Dock’: Arguing the case for Soft OR. **European Journal of Operational Research.**, p. 652-658.

ACKERMANN, F. & EDEN, C. Strategic Options Development and Analysis. *In*: Reynolds, M. & Holwell, S. **Systems Approaches to Making Changes: A Practical Guide**. 2. ed. Milton Keynes, UK: Springer-Verlag London Ltd, 2020. cap. 4, p. 139-199.

AIRES, J. S. F., SILVA, E. C. S., SCHRAMM, F., & SCHRAMM, V. B. (2019). Analysis of a Water Conflict in the Piranhas-Açu River Watershed. *2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)*.

ANDIK, B., & NIKSOKHAN, M. H. (2020). Waste load allocation under uncertainty using game theory approach and simulation-optimization process. **Journal of Hydroinformatics**.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. (2015). Saúde Desperdiçada – O Caso dos Lixões. Acesso em: 05 de outubro de 2020.

_____. (2017). Relatório Roteiro para Encerramento de Lixões. 2017. Acesso em: 01 de março de 2020.

_____. (2019). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (2020). Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. (2020). Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/camaragibe/panorama>>. Acesso em: 27 de setembro de 2020.

CAMBRAINHA, G. M., & FONTANA, M. E. (2018). A multi-criteria decision making approach to balance water supply-demand strategies in water supply systems. **Production**, 28(0).

CARUZZO, A., BELDERRAIN, M. C. N., FISCH, G., & MANSO, D. F. (2015). The Mapping of Aerospace Meteorology in the Brazilian Space Program: Challenges and Opportunities for Rocket Launch. **Journal of Aerospace Technology and Management**, 7(1), 7–18.

DU, J., LIU, Y. & FORREST, J.Y. (2019) An interactive group decision model for selecting treatment schemes for mitigating air pollution. **Environmental Science Pollution Research** 26, 18687–18707.

FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, D. M. (1993). **Interactive decision making: The graph model for conflict resolution**. Wiley, New York.

GEORGIU, I. (2009). Mapping Railway Development Prospects in Brazil, **Transport Reviews**, vol. 29, no. 6,, p. 685-714.

_____. (2011). Cognitive Mapping and Strategic Options Development and Analysis (SODA). In: James J. Cochran – Louisiana Tech University. (Org.). **Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science**, v.2, p. 679-688.

_____. (2012). Messing about in transformations: Structured systemic planning for systemic solutions to systemic problems. **European Journal of Operational Research**, 223(2), 392–406.

GUARNIERI, P., SILVA, L. C., & LEVINO, N. A. (2016). Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case. **Journal of Cleaner Production**, 133, 1105–1117.

HIPEL, K. W., KILGOUR, D. M., FANG, L. & PENG, X. (1997). The decision support system GMCR in environmental conflict management. **Applied Mathematics and Computation**, 83: 117-152.

HIPEL, K.W.; KILGOUR, D.M.; & FANG , L. (2012). **The graph model for conflict resolution**. In **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**, Developed under the Auspices of the UNESCO, volume 2. Eolss Publishers, Oxford, UK.

HIPEL, K. W., FANG, L., & KILGOUR, D. M. (2019). The Graph Model for Conflict Resolution: Reflections on Three Decades of Development. **Group Decision and Negotiation**.

HU, K., HIPEL, K. W. E FANG, B. L. (2009). A conflict model for the international hazardous waste disposal dispute. **Journal of Hazardous Materials**, 172: 138-146.

Internacional Solid Waste Association – ISWA . (2016). A Roadmap for closing Waste Dumpsites - The World's most Polluted Places. Acesso em: 18 de abril de 2020.

KINSARA, R. A., PETERSONS, O., HIPEL, K. W., & KILGOUR, D. M. (2015). Advanced Decision Support for the Graph Model for Conflict Resolution. **Journal of Decision Systems**, 24(2), 117–145.

KINSARA, R. A., KILGOUR, D. M., & HIPEL, K. W. (2018). Communication features in a DSS for conflict resolution based on the graph model. **International Journal of Information and Decision Sciences**, 10(1), 39.

KOTIADIS, K., & MINGERS, J. (2014). Combining problem structuring methods with simulation: The philosophical and practical challenges. **Discrete-Event Simulation and System Dynamics for Management Decision Making**, 52–75.

LEVINO, N. DE A., & MORAIS, D. C. (2011). *A proposal for structuring and evaluating problems for participatory decision making in sanitation context*. 2011 IEE.

_____. (2012). *Participatory multicriteria decision making model in Hydrographic Basin Committee*. 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC).

MEDEIROS, D. F. K. L., URTIGA, M. M., & MORAIS, D. C. (2017). Integrative negotiation model to support water resources management. **Journal of Cleaner Production**, 150, 148–163.

PEREIRA, L. S., & MORAIS, D. C. (2020). Multicriteria Decision Model to Establish Maintenance Priorities for Wells in a Groundwater System. **Water Resources Management**, 34, 377–392.

SANTIN, J. R., PEDRINI, M. & COMIRAN, R. (2017). A política nacional dos resíduos sólidos e os municípios brasileiros: desafios e possibilidades. **Revista de Direito da Cidade**. 9. 10.12957/rdc.2017.26985.

SANTOS, L. D., SCHLINDWEIN, S. L., FANTINI, A. C., BELDERRAIN, M. C. N., MONTIBELLER, G., & FRANCO, L.A.. (2019). Structuring contrasting forest stakeholders' views with the Strategic Options Development and Analysis (SODA) approach. **International Forestry Review**. 21. 501-515.

SCHRAMM, V. B., & SCHRAMM, F. (2018). An Approach for Supporting Problem Structuring in Water Resources Management and Planning. **Water Resources Management**, 32(9), 2955–2968.

SILVA, E. C. S.; MORAIS, D. C. (2020a). Uso de mapeamento cognitivo para apoiar no gerenciamento de resíduos sólidos. In: *ENEGERP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 2020, Foz do Iguaçu, PR. Anais do XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2020.

_____. (2020b). Aplicação do GMCR em um conflito no gerenciamento de resíduos sólidos. In: *SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 2020, João Pessoa, PB. Anais do 52º Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO 2020.

_____. (2020c). Uso de multimetodologia para análise estratégica no gerenciamento de resíduos sólidos. In: *INSID – Innovation for Systems Information and Decision Meeting*, 2020, Recife, PE. INSID 2020 Meeting Proceedings.

SILVA, M. M., HIPEL, K. W., KILGOUR, D. M., & COSTA, A. P. C. S. (2019). Strategic Analysis of a Regulatory Conflict Using Dempster-Shafer Theory and AHP for Preference Elicitation. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**.

SILVA, W. D. O., & FONTANA, M. E. (2020). Integrative multi-attribute negotiation model to define stakeholders' responsibilities in the reverse flow channel. **Journal of Cleaner Production**, Volume 279.

SILVA FILHO, J. L., FONTANA, M. E., & MORAIS, D. C. (2014). *Strategic Options Development and Analysis to identify criteria to evaluate segmentation problems of a water distribution network. 2014 IEEE.*

TCE-PB - Tribunal de Contas do Estado da Paraíba. Relatório de auditoria operacional em saneamento básico – resíduos sólidos urbanos. Processo TC N° 05095/16, 2018. Disponível em: <<https://tce.pb.gov.br>>. Acesso em: 10 de abril de 2020.

TCE-PE - Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco. Diagnóstico: destinação de resíduos sólidos em PE – 2018/2019. 2019. Disponível em: <<https://tce.pe.gov.br>>. Acesso em: 10 de abril de 2020.

XU, H., HIPEL, K. W., KILGOUR, D. M., & FANG, L. (2018). Conflict Resolution **Using** the Graph Model: Strategic Interactions in Competition and Cooperation. **Studies in Systems, Decision and Control.**

XU, L., ZHANG, Q., & SHI, X. (2019). Stakeholders strategies in poverty alleviation and clean energy access: A case study of China's PV poverty alleviation program. **Energy Policy**, 135.

YOUSEFI, S., HAJIMIRZAI, S. M., & HOSSEINIPOUR, E. Z. (2016). Attitude-Based Negotiations for Resolving Water and Environmental Conflicts. *World Environmental and Water Resources Congress 2016.*

ZAHEDI, SUWILO, S., MAWENGKANG, H., TULUS, T., ALAM, H., FEBRINA, K. & RAZI, F. (2019). Strategic Analysis of Sustainable Forest Management with Graph Model for Conflict Resolution. **Journal of Physics: Conference Series.**

ZHAO, S., & XU, H. (2019). A Novel Preference Elicitation Technique Based on a Graph Model and Its Application to a Brownfield Redevelopment Conflict in China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 16(21), 4088.

ZHAO, J., XU, H., HIPEL, K. W., & YANG, B. (2019). Theory and Implementation of Sensitivity Analyses Based on Their Algebraic Representation in the Graph Model. **Journal of Systems Science and Systems Engineering.**

APÊNDICE A - LISTA COMPLETA DE CONSTRUTOS DO MAPA AGREGADO SEPARADOS POR *CLUSTERS*

Construtos	Cluster	Conexões
1 erradicar os lixões ... permanecer com os lixões	Objetivo geral (cabeça)	-
2 destinar os RS adequadamente ... destinação inadequada	Opção estratégica	+1 -3 -22 -28
27 incentiva financeiramente os gestores ... não há incentivo	Econômico-financeiro	+1
28 impede que o município faça jus ao recebimento do ICMS ambiental ... recebe parcela		+29
20 limitações financeiras para executar ações ... há recursos suficientes		-21
26 implantação do repasse do ICMS ambiental para municípios com boas práticas ... não implantar repasse		+27
29 renúncia de receita do ICMS ambiental pelo gestor público ... não há renúncia		+7
24 criar cooperativas de catadores ... não criá-las	Socio-ambiental	+23 +25
23 incluir catadores nas ações ... não incluí-los		-
22 existência de catadores ... não há catadores		+23
25 proporcionar treinamentos e cursos profissionalizantes para os catadores ... não proporcionar		+23
3 poluição do solo, dos lençóis freáticos, do ar, etc. ... minimização da poluição		+4 +6
6 gera impacto ambiental ... impacto é menor		+7
4 expõe a população ao contato com substâncias tóxicas, animais, ar e água poluídos ... não há exposição		+5
5 gera problemas de saúde pública ... não há problemas de saúde decorrentes		+7
7 gestores cometem crime ... não cometem crime		-
32 criação de pátio de compostagem ... não existir um pátio		+2
9 falta de priorização por parte dos gestores ... gestores priorizam o problema	Gerenciamento	-2
14 responsabilizar civil e criminalmente gestores que não cumprirem o TAC e o PRAD ... não responsabilizá-los		-9
33 multar gestor municipal que utilizar lixões ... não multá-lo		-9

10 criar material informativo como ferramenta de conscientização, divulgação e orientação ... não criar	Gerenciamento	-9
11 abrir processos de auditorias especiais ... não abrir processos		+33
13 divulgar municípios que apresentam boas práticas e denunciar aqueles com inadequações ... não publicizá-los		-9
19 manter um diálogo contínuo entre os órgãos e os gestores municipais ... falta de diálogo		-9
12 realizar diagnósticos anuais sobre a disposição final dos RS ... não realizá-los		+11 +13
18 buscar gestão integrada dos gestores e agentes públicos ... não buscar gestão integrada		+19
16 aplicar termos de ajuste de conduta (TAC) para gestores que mantêm lixões ... não aplicá-los		+14
15 solicitar plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD) aos gestores que mantêm lixões ... não solicitar		+14
17 desenvolver projetos específicos (tanto os órgãos fiscalizadores quanto os gestores) ... não haver projetos específicos		+15 +16 +18
21 transportar os RS para um aterro pré-existente em outro município ou construí-lo de forma independente ou em coparticipação ... não usar aterro		+2 -22

