



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM LOGÍSTICA E
PESQUISA OPERACIONAL

WLADSON DE QUEIROZ ALCANTARA

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE SUBSISTEMAS DE COLETA,
TRATAMENTO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS: ESTUDO DE CASO
DA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE, CEARÁ.**

FORTALEZA

2016

WLADSON DE QUEIROZ ALCANTARA

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE SUBSISTEMAS DE COLETA,
TRATAMENTO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS: ESTUDO DE CASO
DA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE, CEARÁ.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Logística e Pesquisa Operacional da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Logística e Pesquisa Operacional. Área de concentração: Gestão Logística.

Orientador: Prof. Dr. João Bosco Furtado Arruda.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A321m Alcantara, Wladson de Queiroz.

Metodologia para avaliação de subsistemas de coleta, tratamento e destinação de resíduos urbanos: estudo de caso da cidade de Juazeiro do Norte, Ce / Wladson de Queiroz Alcantara. –2016.
127 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós- Graduação, Programa de Pós-Graduação em Logística e Pesquisa Operacional, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. João Bosco Furtado Arruda.

1. Logística reversa. 2. Resíduos sólidos urbanos. 3. Política Nacional de Resíduos Sólidos. I. Título.

CDD 658.5

WLADSON DE QUEIROZ ALCANTARA

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE SUBSISTEMAS DE COLETA,
TRATAMENTO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS: ESTUDO DE CASO
DA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE, CEARÁ.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Logística e Pesquisa Operacional da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Logística e Pesquisa Operacional. Área de concentração: Gestão Logística.

Aprovada em 29 de julho de 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Bosco Furtado Arruda (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Bruno de Athayde Prata
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antônio Clécio Fontelles Thomaz (Examinador Externo)
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

A Deus.

Aos meus pais, esposa e filhos, com Amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela saúde que tenho e oportunidade em realizar um objetivo acadêmico há muito tempo sonhado com meus pais: José Cleiton de Freitas Alcântara e Vera Lúcia de Queiroz Alcântara, entusiastas da minha felicidade.

Nominalmente, agradeço aqueles sem os quais teria sido impossível cursar este Mestrado: minha esposa Renata Freitas, mulher virtuosa que fala a Bíblia; D. Nina, Telma e Henrique, Ávila, Rosinha, Tiago e Mariana que ajudam a educar meus filhos com amor. A Daniela e Adalberto e a Iolauo e Fransquinha, que nos ajudam e nos acolhem docemente.

Agradeço a inestimável contribuição de todos profissionais entrevistados na pesquisa de campo deste trabalho, em especial ao Eraldo Oliveira e André Wirtzbiki que acreditaram na seriedade deste trabalho e com os quais aprendi muito.

Agradeço aos companheiros de trabalho da Devry Fanor: Beatriz Menezes, Marilene Gondim, Antônio Calado, João Henrique Lemos, Kleison Freitas e Sérgio Arruda pelo apoio dado para realização dessa dissertação.

Também, agradeço ao meu orientador, Prof. Bosco Arruda, que pacientemente ouviu minhas dúvidas e direcionou esta dissertação segundo minhas limitações, sem jamais deixar de prezar pelo alto nível de conhecimento envolvido em nossas conversas.

Aos Prof. Bruno Prata, Prof. Belo Torres e Prof. Clécio Thomaz pelas suas contribuições para o avanço deste trabalho. Ao Prof. Antônio Paulo, sempre muito atencioso.

Aos professores do GESLOG, sou grato pela convivência amigável, pelo conhecimento repassado e pelo apoio dado em cada momento do curso.

Aos amigos de sala de aula, com os quais valorizei ainda mais o prazer de alcançar sonhos. Em especial ao Luiz Muller e Karla Alamar, pelas contribuições à dissertação.

Aos funcionários do GESLOG, que puderam manter um ambiente institucional agradável para realização das atividades, em especial ao estimado Thiago.

Agradeço a todos que apoiaram meu sonho por este Mestrado, a minha família, amigos, clientes, companheiros de trabalho, pessoas que passaram pela minha vida e puderam contribuir direta ou indiretamente.

“Se fizermos gestão de cima pra baixo eu não atendo as especificidades, nós estamos trabalhando hoje com as especificidades.”

Eraldo Oliveira

RESUMO

Esta Dissertação propõe conceber e aplicar uma metodologia para diagnosticar aspectos técnicos, econômicos, logísticos e ambientais de um sistema de coleta, transporte, destinação, tratamento e uso produtivo energético dos resíduos sólidos numa área urbana. Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são uma das fontes geradoras de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) na atmosfera e sua má disposição tem acarretado impactos negativos, como a poluição do mar, perpetuação de lixões e desprestígio a geração de emprego e renda dos catadores de materiais recicláveis organizados. Notadamente na cidade de Juazeiro do Norte-Ce, os problemas decorrentes da má disposição dos RSU exigem rápida solução dos órgãos públicos a fim de determinar os atores envolvidos na logística reversa dos RSU recicláveis para que se possa estruturar na cidade uma cadeia de comércio para reciclagem dos materiais encaminhados ao lixão da cidade à medida que atenda a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), gerando emprego e renda para os catadores. Assim, o objetivo deste estudo é propor uma metodologia de avaliação de sistemas alternativos de coleta, transporte, destinação, tratamento e uso energético de RSU, com ênfase para os três primeiros subsistemas, a ser validada com aplicação ao caso do setor de RSU da cidade de Juazeiro do Norte-Ce. A metodologia é de natureza qualitativa e quantitativa, utilizando Análise Sistêmica, Análise de Conteúdo e Emparelhamento para descrever o caso de Juazeiro do Norte e apresentar políticas e ações, foi ainda empregado o Problema de Localização de Facilidades Capacitado, para elaboração de cenários alternativos na determinação da quantidade de ecopontos e suas zonas de influência. Os resultados apresentam a tendência da rota tecnológica dos RSU na cidade e três cenários alternativos da quantidade de ecopontos para minimizar o custo de operação e manutenção. Concluiu-se que a metodologia RESFE é aderente para avaliação sistemas alternativos de coleta, transporte, destinação, tratamento e uso energético de RSU, apontando o “Cenário C – Expansão-II” como indicado à cidade de Juazeiro do Norte, além ter guiado as proposições de políticas e ações, à luz da PNRS, para o município em estudo.

Palavras-chave: Logística reversa. Resíduos sólidos urbanos. Política Nacional de Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

This work proposes to design and implement a methodology to analyse - under a technical, economic, logistical and environmental viewpoints – an urban public solid waste system, including the steps of collection, transportation, disposal, treatment and energy productive use in an urban area. The Urban Solid Waste (USW) are one of the most important sources of greenhouse gas emissions in the atmosphere and their malice has caused negative impacts such as pollution of the sea, long live dumpsites and impedance to the generation of employment and income of organized recyclables collectors. Notably in the city of Juazeiro do Norte-Ce, the problems arising from poor disposal of USW require rapid resolution of public agencies to determine the actors involved in the reverse logistics of recyclable USW so that one can structure a trade chain in the city for recycling materials presently sent to the city dump. Such a fact disregards the Brazilian *National Policy of Solid Waste* (PNRS), which also aims to generate jobs and income for the low income groups working in recycling activities nowadays. The present study proposes a methodology (called RESFE) to analyse alternative USW systems involving transportation, disposal, treatment and energy use, with emphasis on the first three subsystems. The methodology was validated by an application to the case of the city of Juazeiro do Norte-Ce. The methodology includes qualitative and quantitative parameters, it is theoretically supported by Systems Analysis, Content and Pairing Analysis as well as the Linear Integer Programming. Applied to solve the case of Juazeiro do Norte city, present public policies and actions were evaluated and alternative scenarios developed aiming to determine the number of residual mills (ecopontos) and their zones of influence. The results show the trend of technological route of USW in the city and three alternative scenarios for implementing ecopontos which minimize the cost of their operation and maintenance. It is concluded that the RESFE methodology is an acceptable tool to evaluate alternative systems of collection, transportation and disposal of USW, pointing to the "Scenario C – Expansion-II" as indicated for the city of Juazeiro do Norte-Ce; also, it can easily guide policies and actions propositions according to the PNRS.

Keywords: Reverse logistics. Urban solid waste. National Policy Solid Waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sistema dinâmico.....	11
Figura 2 - Localização das cinco grandes manchas de lixo oceânico.	15
Figura 3 - Fluxo de materiais e resíduos numa sociedade industrial.....	19
Figura 4 - Elementos funcionais de um sistema de gestão de resíduos sólidos.	20
Figura 5 - Visão geral do sistema de pirólise.	23
Figura 6 - Tecnologia de plasma Westinghouse.	24
Figura 7 - Desenvolvimento de uma análise.	31
Figura 8 - Mapa dos municípios da Grande Vancouver.....	33
Figura 9 - Localização dos aterros sanitários, estações de transbordo e o incinerador.	34
Figura 10 - Fluxos dos RSU na Grande Vancouver.	34
Figura 11 - Mapa da coleta seletiva por regiões.....	35
Figura 12 - Fluxograma dos RSU na RMSP.	37
Figura 13 - Fluxos parciais dos RSU na cidade de São Paulo.	38
Figura 14 - Fluxograma da estação de triagem de materiais recicláveis.	39
Figura 15 - Localização dos aterros sanitários no município de São Paulo.	39
Figura 16 - Etapas metodológicas e embasamento teórico do Estudo.	41
Figura 17 - Visão panorâmica da localização dos ecopontos em Juazeiro do Norte-Ce.....	58
Figura 18 - Localização do ecoponto Lagoa Seca.....	58
Figura 19 - Localização do ecoponto Santo Antônio.	59
Figura 20 - Localização do ecoponto Novo Juazeiro.	59
Figura 21 – Visão panorâmica de um ecoponto.	61
Figura 22 - Desenho e Layout de Recipientes dos Ecopontos.	61
Figura 23 - Locais de armazenagem nos ecopontos.....	62
Figura 24 - Contêineres de transporte/armazenagem nos ecopontos	62
Figura 25 - Método da rampa aplicado no Lixão da Palmeirinha.	64
Figura 26 - Vala natural de escoamento do lixiviado.....	64
Figura 27 - Animais no Lixão da Palmeirinha.	65
Figura 28 - Queimada e rejeito a céu aberto na área plana do lixão da Palmeirinha.	65
Figura 29 - Abrigo dos catadores e despejo de resíduos no Lixão.	65
Figura 30 - Latas e garrafas PET no lixão da Palmeirinha.....	66
Figura 31 - Plásticos e pneus no Lixão da Palmeirinha.	66
Figura 32 - Material reciclado embalado e disposto para transporte no Lixão da Palmeirinha	67
Figura 33 - Abrigo para os funcionários na entrada do Lixão da Palmeirinha.....	67
Figura 34 - ZGL de Juazeiro do Norte com até 80% dos RSU recicláveis.	72
Figura 35 – Tendência de Rota Tecnológica para Juazeiro do Norte-Ce.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Plano geral do trabalho de pesquisa.....	43
Quadro 2 - Estimativa de resíduos recicláveis por ecoponto (2015).....	56
Quadro 3 – Cenários alternativos.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Gases de efeito estufa e seus potenciais efeitos de aquecimento global considerados pelo IPCC.....	15
Tabela 2 - Conceituação dos constructos adotada para finalidade específica deste trabalho.....	44
Tabela 3 - População municipal de 2010 e população estimada para 2015.	49
Tabela 4 - Domicílios particulares permanentes em Juazeiro do Norte-Ce, por tipo do domicílio (2010).....	49
Tabela 5 - Número de empregos formais gerados em Juazeiro do Norte-Ce (2013).	50
Tabela 6 - Renda Média Domiciliar <i>per capita</i> por Ano, segundo Municípios - 1991, 2000, 2010 (R\$).	50
Tabela 7 - Consumo e consumidores de energia elétrica (2013).....	51
Tabela 8 - Número de pessoas alocadas por função para um ecoponto.	60
Tabela 9 - Custo de instalação de um ecoponto na região Nordeste.	60
Tabela 10 - Volume proporcional de RSU recicláveis gerados por ZGL.	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACFOR	Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle de Serviços Públicos de Saneamento Ambiental
AFOLU	<i>Agriculture, Forestry and Other Land Use</i> ou agricultura, da silvicultura e de outras atividades de uso da terra.
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AMAJU	Autarquia Municipal do Meio Ambiente de Juazeiro do Norte-Ce
ACCJ	Associação de Catadores e Catadoras de Juazeiro do Norte
CAF	Central de Assistência Farmacêutica
CEREST	Centro Regional de Saúde do Trabalhador
CLT	Centro de Tratamento de Resíduos Leste
EVA	Espuma Vinílica Acetinada
FAPESP	Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo
GEE	Gases do Efeito Estufa
GJ/ano	Gigajoule por ano
GLEN	Grupo de Estudo e Pesquisa em Infraestruturas de Transporte e Logística da Energia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IDECI	Instituto de desenvolvimento institucional das cidades do Ceará
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
LINGO	<i>Linear and Nonlinear Generalized Optimizer</i>
MJ/kg	Megajoule por quilograma
MW	Megawatt
OGR	Óleo de Gordura Residual
PEV	Pontos de Entrega Voluntária
Pipe	Inovação tecnológica em pequenas empresas
PERS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos
PET	Polietileno Tereftalato
PLFC	Problema de Localização de Facilidades Capacitado
PLI	Programação Linear Inteira
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
Promethee II	<i>Preference Ranking Optimization Method for Enrichment Evaluations</i>

RDS	Resíduos Domésticos Secos
RESFE	Resíduo Sólidos para Fornecimento de Energia
RSU	Resíduo Sólido Urbano
SINAPIP	Sistema de preços, custos e índices
Ton	Tonelada
tCO ₂	tonelada de CO ₂
TDP	Tomador de Decisão Principal
TMB	Tratamento Mecânico-Biológico
UGER	Unidade de Geração de Energia
UV	Unidade de Vizinhança
ZGL	Zonas de Geração de Lixo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Introdução ao tema abordado	1
1.2 Problema de pesquisa	3
1.3 Hipótese de pesquisa.....	6
1.4 Objetivos geral e específicos	6
1.5 Metodologia de abordagem ao problema	6
1.6 Estrutura da Dissertação	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 Abordagem da análise sistêmica de problemas	8
2.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).....	12
2.3 Gerenciamento de resíduos sólidos	14
2.4 Etapas logísticas do setor de RSU: coleta primária, armazenamento e triagem, transporte, destinação e tratamento dos resíduos.	18
2.5 Problema de Localização de Facilidades Capacitado (PLFC).....	27
2.6 Análise de Conteúdo e Emparelhamento.....	29
2.7 A experiência nacional e estrangeira.....	32
2.7.1 <i>Caso estrangeiro: Grande Vancouver (Canadá)</i>	32
2.7.2 <i>Caso nacional: Cidade de São Paulo (Brasil)</i>	36
2.8 Considerações Finais	40
3 METODOLOGIA PROPOSTA (RESFE)	41
3.1 Descrição das Etapas da Metodologia.....	42
4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA À CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE-CE ..	47
4.1 Caracterização da área de estudo	47
4.2 Setor de gerenciamento de resíduos na área de estudo	51
4.3 Desafios para Juazeiro do Norte	69
4.4 Resultados da aplicação da Metodologia RESFE na área de estudo.....	70
5 CONCLUSÕES.....	80
5.1 Principais conclusões do estudo.....	80
5.2 Limitações do estudo	83
5.3 Sugestões para aprofundamento do estudo	84
5.4 Considerações finais	85
REFERÊNCIAS	86
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA.....	93
ANEXO A - VARIÁVEIS CONDICIONANTES DA VIABILIDADE DAS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL	103
ANEXO B – ROTAS TECNOLÓGICAS	107

**ANEXO C – ESTUDO DA CADEIA PRODUTIVA DE RESÍDUOS PARA GERAÇÃO
DE RENDA E ENERGIA – PROJETO RESURB 109**

**ANEXO D – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS
MATRIZ DA DISTANCIA ENTRE CENTRO GEOGRÁFICO DA ZGL E ECOPONTO
..... 110**

1 INTRODUÇÃO

1.1 Introdução ao tema abordado

O grupo intitulado G7, que congrega Estados Unidos, Alemanha, Canadá, França, Itália, Japão e Reino Unido, publicou em junho de 2015, o relatório do seu encontro anual, ocorrido em Schloss Elmau – Alemanha. Quanto ao tema “Mudanças Climáticas, Energia e Meio Ambiente”, o grupo decidiu reduzir os níveis carbono atualmente na atmosfera e reestruturar o setor energético, ao longo do século XXI. Para tanto, será necessário o envolvimento de outros países do mundo, os quais devem desenvolver estratégias nacionais urgentes e concretas para abordar as alterações climáticas, adotar instrumentos baseados no mercado de carbono, para contenção do aumento da temperatura média global abaixo de 2° C ao longo deste século, baixar a emissão de carbono na atmosfera bem como de outros gases que aumentam o efeito estufa, como, por exemplo, os hidrofluorcarbonetos (G7, 2015).

Ainda segundo o referido relatório, essa transição de longo prazo para uma economia de baixo carbono contempla a disponibilização de financiamentos por fontes públicas e privadas, vindas de bancos multilaterais de desenvolvimento e seus parceiros, e o desenvolvimento e implantação de tecnologias inovadoras para transformar o setor de energia até 2050, diversificando as fontes de energia nos países com fundamento na segurança energética, com destaque para uso de fontes renováveis de energia e a eliminação de subsídios para combustíveis fósseis (G7, 2015).

O gás carbônico (CO₂) é essencial à vida no planeta, porque é necessário para a realização da fotossíntese, está presente na respiração dos animais e seres humanos e faz parte da decomposição de seres vivos e de materiais orgânicos. Segundo o IPCC (2014), as atividades humanas têm aumentado a emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) e a concentração em excesso do CO₂ na atmosfera é representativa: o CO₂ representou, em 2010, o total de 76% de emissões antropogênicas, o metano (CH₄) 16%, o óxido nitroso (N₂O) 6,2% e os gases fluorados (gases F) 2,0%. Entre 1750 e 2011, cerca da metade das emissões cumulativas de CO₂ antropogênicas na atmosfera ocorreram nos últimos quarenta anos e, neste período - 1970 a 2010, as emissões de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis e processos industriais contribuíram 78% para o aumento total de emissões dos GEE.

Os gases do efeito estufa (CO₂, CH₄, N₂O) são necessários para a formação de uma espécie de película envoltória do planeta que mantém a temperatura global de modo a

permitir o desenvolvimento da vida. Entretanto, a concentração excessiva desses gases aumenta a temperatura na Terra, gerando o aquecimento global. Desde 2000, a emissão desses gases tem aumentado em todos os setores econômicos, com exceção da agricultura, da silvicultura e de outras atividades de uso da terra (AFOLU - *Agriculture, Forestry and Other Land Use*). Em 2010, a emissão de gases no setor de produção de eletricidade e calor representou 25%, AFOLU 24%, Indústria 21%, Transporte 14%, Construção 6,4%, outros 9,6%. Os números da Indústria e da Construção¹ aumentaram até 31% e 19%, respectivamente, enquanto as emissões de produção de eletricidade e calor são atribuídas aos setores que utilizam a energia final (IPCC, 2014).

As principais fontes de geração de CO₂ atribuídas aos seres humanos são a queima de combustíveis fósseis: como gás natural, carvão mineral e petróleo enfatizando-se os derivados deste último, provenientes de produtores de cimento, ônibus, carros e aviões. Algumas empresas, como a Chevron-EUA, Exxon Mobil-EUA e Saudi Aramco-Arábia Saudita geraram dois terços dos gases do efeito estufa acumulados na atmosfera de 1751 a 2010. Ainda, o desmatamento e as queimadas liberaram o gás carbônico retido na biomassa, que, em combustão, liberta o CO₂ retido. Pode-se citar os resíduos como uma das fontes de emissão de CO₂ e, no Brasil, estima-se que, de 2009 a 2039, a destinação de resíduos chegue a gerar 892 milhões de toneladas de dióxido de carbono, com média anual de 29,7 milhões de toneladas (HEEDE, 2013; ABRELPE, 2012a).

Com base nas projeções de 2009-2039 para as grandes regiões brasileiras, o Nordeste fica em 2º lugar no total de emissões dos GEE (com mais de 156,3 milhões de toneladas de CO₂), dentre as cinco grandes regiões do país, e em 1º lugar na emissão de CO₂ quando se consideram os resíduos que tem como destinação final os lixões (emissão prevista de mais de 23,4 milhões de toneladas de CO₂). Na região Nordeste, o Estado do Ceará é o 2º colocado em emissões totais de CO₂ (emitindo 34,4 milhões tCO₂) entre os nove estados do Nordeste e ficou na 2ª classificação quanto as emissões são provenientes de aterros sanitários e lixões, bem como em 1º no ranking quando o resíduo é destinado ao aterro controlado (ABRELPE, 2012b).

Portanto, uma questão central na temática enfocada é manter a emissão dos GEE em níveis adequados, como no início do século XIX. Assim, a fim de conservar a vida no planeta, como um benefício do esforço conjunto de nações e instituições, a partir das emissões de CO₂ antropogênicas globais e outros gases - como CH₄ e N₂O, há expectativas sobre o

¹ Conforme IPCC (2014), os dados do setor de Construção foram destacados dos dados da Indústria.

reestabelecimento dos níveis adequados de carbono. E o que prevalece para o grupo dos sete países mais ricos do mundo para alcançar este intuito é o reestabelecimento do setor energético (IPCC, 2014; G7, 2015).

1.2 Problema de pesquisa

Para compreender e caracterizar o problema de pesquisa deve-se analisá-lo como um problema de sistemas. Um sistema é composto por subsistemas, os quais são partes inter-relacionadas, e a unidade/harmonia entre as partes é obtida pela atuação do conjunto obedecendo a um plano preestabelecido para o sistema. Para contribuir para a compreensão do problema decorrente do excesso de emissões de GEE na atmosfera pelas atividades humanas, pretende-se enfatizar uma das fontes geradoras desses gases: os resíduos. Os subsistemas relacionados ao setor dos resíduos, como uma sucessão direta de seus efeitos são a coleta, transporte, destinação espacial, tratamento e destinação final dos resíduos, que impactam nos meios geográfico, socioambiental, econômico-financeiro e técnico (ATHEY, 1982; SANTOS; SILVEIRA, 2001).

O foco em um território, como cenário de estudo, privilegia o entendimento sobre as diferenças e particularidades regionais no Brasil e permite compreender os papéis e importância relativa dos atores locais, bem como as questões legais específicas, do meio ambiente, da dinâmica social, do emprego e renda da população, ademais das técnicas relacionadas à logística e à tecnologia (SANTOS; SILVEIRA, 2001).

Em virtude disto, a presente Dissertação restringe-se à área geográfica da cidade de Juazeiro do Norte, situada no Estado do Ceará, região Nordeste do Brasil. Este Estado, mesmo após sancionada a Lei 12.305/2010 - que consubstanciou o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e determinava a extinção dos lixões até 2014 - mantinha 284 lixões em funcionamento até junho de 2015 (BRASIL, 2010; RÔMULO, 2015).

No Brasil, a destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) vem crescendo principalmente quanto ao direcionamento para os aterros sanitários que, em 2009, era de 3.003 ton/dia e chegou, em 2014, a 3.407 ton/dia. De igual modo, os aterros controlados, em 2009, recebiam 2.035 ton/dia e, em 2014, passaram a receber 2.285 ton/dia (ABRELPE, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014).

Mas a lei que extingue os lixões foi alterada pelo Projeto de Lei nº 425/2014 e o

prazo para extinção, como já citado, foi prorrogado de modo escalonado conforme critérios populacionais dos municípios, de Região Metropolitana (RM), de Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) e distância da sede urbana dos municípios brasileiros com países de fronteira. Assim, o novo prazo para fim do uso dos lixões está entre 2018 e 2021 para todos os municípios brasileiros, conforme os critérios de escalonamento; esses municípios terão de adequar-se às novas regras de destinação final dos resíduos (BRASIL, 2014).

Fortaleza manteve em operação o lixão do Jangurussu durante 20 anos (1978-1998), mas que até 2013 gerava impactos à comunidade do entorno e ao meio ambiente. Neste lixão, cerca de 1.500 catadores trabalhavam em condições sub-humanas; além disso, a comunidade do entorno passou a sobreviver da renda obtida a partir das atividades desenvolvidas no lixão. O lixiviado gerado pelos 40m de altura dos platôs atingem efetivamente o lençol freático, o Rio Cocó e o solo. As águas superficiais e subterrâneas apresentam condutividade elétrica, cor, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio e alguns metais fora dos padrões legais. As doenças que acometem a população são justificadas pelas más condições hídricas locais e por agentes infecciosos presentes no lixo (LIMA, 2013a; SANTOS; SAMPAIO; RODRIGUES, 2010).

Para exemplificar a problemática dos RSU, temos o caso de Fortaleza/Caucaia. Desde a desativação do Jangurussu, os resíduos gerados em Fortaleza são enviados, juntamente com os do município de Caucaia, para o maior aterro do Estado - Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), que foi ampliado para operar até 2020. Na Região Metropolitana de Fortaleza existem quatro aterros sanitários operando. Considerando apenas Fortaleza, tem aumentado significativamente o volume de resíduos destinados ao ASMOC: em 2005, foram estimadas cerca de 845,7 mil t/ano e em 2011, 1,758 milhão t/ano. Em 2015, esse volume chega a ser mais de 5 mil ton/dia, ou seja, podendo chegar a cerca de 1.825.000 t/ano (ACFOR, 2012; SANTOS; SAMPAIO; RODRIGUES, 2010; NASCIMENTO, 2015).

A discussão sobre o uso dessas tecnologias de disposição final, como aterros sanitários, aterros controlados ou lixões é superada em outros países, principalmente pelos passivos ambientais que deixam. No Brasil, no período entre 2000 e 2008, 90% do total dos resíduos dependem da disponibilidade do solo (aterro sanitário, aterro controlado e lixão). Como contraponto ao caso brasileiro, na União Europeia há o objetivo político de transformar o continente em uma sociedade de reciclagem, reduzindo, com isso, o volume de resíduos enviados aos aterros ou para incineração. Para tanto, amplia-se o reaproveitamento desses

materiais que iriam para os aterros sanitários a fim de que possam gerar riqueza econômica (ABRAMOVAY; SPERANZA; PETITGAND, 2013).

A escolha da tecnologia para tratamento final dos resíduos varia conforme a composição gravimétrica dos resíduos de cada região. Regiões onde os resíduos plásticos são predominantes, por exemplo, uma solução tecnológica viável pode ser a partir do calor ou da biodegradação; por outro lado, se indica o tratamento biológico para regiões que se notabilizam pelo descarte de material orgânico (NEVES, 2011).

Existem diversas tecnologias que podem ser aplicadas a uma situação específica de tratamento dos resíduos, como a incineração, gaseificação, pirólise, plasma e liquefação, classificados como métodos de conversão termoquímica. Aterros sanitários e biorreatores são tidos como tecnologias de conversão bioquímica. Por fim, o processo de transesterificação é tido como uma conversão físico-química (PAVAN, 2010). Mas essas tecnologias podem ocasionar impactos ambientais, econômicos e logísticos que devem ser considerados antes de serem aplicadas em uma área geográfica.

Para cada uma dessas dimensões de impacto pode-se hierarquizar critérios utilizados como aspectos-chaves para serem levados em conta na avaliação de uma dada tecnologia em uma dada região. Assim procedeu Lima *et al.* (2013b) ao adotar as técnicas de apoio à decisão *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e *Preference Ranking Optimization Method for Enrichment Evaluations* (Promethee II-V) para avaliar as tecnologias para o tratamento dos resíduos sólidos no Nordeste brasileiro, considerando os critérios ambientais, sociais, econômicos e políticos, bem como 17 subcritérios totais. Outros autores (CARTELLE *et al.*, 2015) elaboraram uma lista com 19 indicadores ambientais, 9 sociais, 10 econômicos, 6 técnico-funcionais, totalizando 44 indicadores de avaliação de usinas de energia renovável ou não durante todo seu ciclo de vida.

Com base no acima exposto, determinou-se como problema de pesquisa da presente Dissertação: qual estrutura metodológica pode ser concebida e aplicada para diagnosticar aspectos técnicos, econômicos, logísticos e ambientais de um sistema de coleta, transporte, destinação, tratamento e uso produtivo energético dos resíduos sólidos em uma área urbana?

1.3 Hipótese de pesquisa

A resolução do problema de pesquisa, no presente trabalho, parte da seguinte hipótese: dada a incipiência da gestão do setor de resíduos sólidos urbanos na região Nordeste, é necessário e possível conceber e aplicar uma estrutura metodológica de diagnóstico técnico-econômica, logística e ambiental para avaliar os impactos decorrentes da coleta, destinação, tratamento e uso energético dos resíduos sólidos urbanos, com vistas a propor intervenções no setor dos RSU buscando um sistema de gestão mais compatível com o que reza a PNRS.

1.4 Objetivos geral e específicos

Para responder ao problema de pesquisa, tem-se como objetivo geral: propor uma metodologia de avaliação de sistemas alternativos de coleta, transporte, destinação, tratamento e uso energético de RSU, com ênfase para os três primeiros subsistemas, a ser validada com aplicação ao caso do setor de RSU da cidade de Juazeiro do Norte-Ce.

Desse objetivo geral decorrem os seguintes objetivos específicos:

1. Conceber uma estrutura metodológica de avaliação do setor de RSU que contemple os aspectos técnico-econômicos, logísticos e ambientais, com ênfase nos subsistemas de coleta, armazenagem e destinação dos resíduos;
2. Diagnosticar a problemática do atual sistema de gestão do setor de RSU da cidade de Juazeiro do Norte-CE.
3. Aplicar a estrutura metodológica concebida no setor de RSU da cidade de Juazeiro do Norte-CE, indicando políticas e ações que aproximem o caso em estudo do modelo de referência nacional, baseado na PNRS.

1.5 Metodologia de abordagem ao problema

A fim de focalizar situações relevantes na contemporaneidade, o presente estudo adota como estratégia de pesquisa o estudo de caso. Como primeiro procedimento para delinear o estudo de caso, segundo Gil (1991), delimita-se a unidade-caso, a qual, no presente trabalho, é a cidade de Juazeiro do Norte, no Estado do Ceará.

Devido ao fácil acesso ao *Grupo de Pesquisa em Infraestrutura do Transporte e Logística da Energia* (GLEN), da Universidade Federal do Ceará (UFC), que ora desenvolve pesquisa em resíduos para geração de renda e energia, foi minorado o ponto fraco sobre a estratégia de coleta de dados, que era o acesso aos registros em arquivos e documentos (YIN, 2005), bem como aumentada a confiabilidade na precisão das informações coletadas sobre o Estado da Arte quanto à coleta, transporte, destinação, tratamento e tecnologias de geração de energia a partir dos RSU.

A partir da compreensão sobre o sistema de logística reversa dos RSU e das reuniões do GLEN/UFC, foram elaboradas as etapas metodológicas, intituladas no seu conjunto como “Metodologia RESFE”, e o planejamento para coleta de dados em Juazeiro do Norte-Ce. Com isso, foi realizado o diagnóstico da área de estudo à luz da Teoria dos Sistemas (ATHEY, 1982; ANDRADE *et al.*, 2006).

O diagnóstico resultou na elaboração de estruturas alternativas para o setor de RSU de Juazeiro do Norte-Ce; para tanto, empreendeu-se um desenho esquemático da estrutura metodológica a fim de abordar o problema à luz de um ponto de vista sistêmico. A descrição do sistema de gerenciamento dos RSU na cidade de Juazeiro do Norte-Ce, seguiu etapas logísticas existentes e seus inter-relacionamentos. Por fim, foram propostas ações e políticas que visam contribuir com o poder público para aproximar o caso de Juazeiro dos modelos nacionais e internacionais de referência, mas considerando as especificidades da cidade à luz da PNRS que reza a inclusão social dos catadores, a geração de emprego e renda e a geração de energia a partir dos RSU.

1.6 Estrutura da Dissertação

A Dissertação está estruturada em cinco capítulos, incluindo este introdutório. No segundo capítulo apresenta-se a experiência nacional e estrangeira na gestão do setor de RSU, com ênfase para as fases de coleta, destinação, triagem e tratamento dos resíduos, incluindo a geração de energia. O terceiro capítulo apresenta a metodologia de avaliação proposta (Metodologia RESFE) e discute o referencial teórico que embasa suas etapas. No quarto capítulo, apresenta-se o caso de estudo, a aplicação da metodologia e seus resultados. No quinto capítulo estão as principais conclusões e limitações do estudo bem como sugestões para seu aprofundamento e considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Abordagem da análise sistêmica de problemas

O postulado da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), elaborado por Bertalanffy (2009, p. 62), evoluiu a partir de uma visão restrita de ciência. Tanto na investigação de eventos sociais como de fatos biológicos e objetos inertes, os cientistas segregavam unidades elementares na investigação de um fenômeno, pondo-os independentes uns dos outros. Contudo, na contemporaneidade, o desenvolvimento do conhecimento é considerado mutuamente independente e ocorre “em grande parte com desconhecimento recíproco e baseado em fatos diferentes e filosofias contraditórias”.

Com os estudos sobre a Teoria do Caos, Fractais, Teoria das Catástrofes e Lógica *Fuzzy*, dentre outras², surgiu a visão complexa de mundo. Nessa visão, a realidade é percebida pela qualidade dos múltiplos processos e relacionamentos entre os componentes dessa realidade e deles com o global, onde não faz sentido isolar componentes para analisá-los separadamente, pois há uma interdependência entre todos os fenômenos existentes. Esse é um modo de investigação que se aproxima das ciências naturais, da economia, da ciência política, das ciências humanas, das ciências sociais, de modo que, com ele, é possível compreender mudanças sociais e ambientais, por exemplo (TORRES, 2005; MORESI, 2001).

Andrade *et al.*, (2006) apresenta dez características do Pensamento Sistêmico. Inicialmente, das partes para o todo: não devendo ser estudada apenas as partes do sistema, mas o sistema total. Ou seja, de modo arbitrário, delimita-se o sistema que se deseja estudar a fim de que, com o estudo e compreensão posterior do sistema, determine exatamente as fronteiras dos elementos constituintes desse sistema; assim, pode haver a inclusão de questões importantes relacionadas ao próprio sistema e a outros.

Segundo, dos objetos para o relacionamento: busca-se compreender os relacionamentos que fazem parte do sistema em estudo e do próprio sistema a outros, não a classificação dos objetos e suas características. A generalização do pensamento sistêmico ocorre devido aos padrões de organização.

Terceiro, das hierarquias para as redes: diferentemente do pensamento analítico que utiliza a decomposição de um objeto em partes decrescentes de importância, por vezes

² Essas teorias, em conjunto, levam o nome de “Teoria da Complexidade”.

limitando essas partes o interior desse objeto, no Pensamento Sistêmico, busca-se conhecer os relacionamentos, a interação, interdependência e coordenação entre sistemas e subsistemas.

Quarto, da causalidade linear para a circularidade: os padrões lineares de conexão cederam espaço para a retroalimentação. Nesse caso, com estudos no campo da cibernética, passou-se a considerar relações circulares de causa e efeito nos sistemas complexos, também chamado de *feedback loop*.

Quinto, da estrutura para o processo: a partir da rede de conexões dinâmicas busca-se entendimento sobre os processos que ocorrem subjacentes à estrutura do sistema. São os processos que estabelecem padrões, materializam a estrutura, configuram e reconfiguram a estrutura.

Sexto, da metáfora mecânica para a metáfora do organismo vivo e outras não-mecânicas: no mundo complexo, o pensamento metafórico social, político e cultural toma o espaço da metáfora mecanicista e tecnológica para apoio à compreensão da realidade. A interconexão, a dinâmica e a mudança caracterizam esse mundo, que exige conceitos próximos aos estudos da Biologia e Ecologia - como contexto, ambiente, mutualidade, fronteiras permeáveis e evolução, processos e desenvolvimento.

Sétimo, do conhecimento objetivo para o conhecimento contextual e epistêmico: o investigador deve declarar sua postura de observação e construção do conhecimento sobre o sistema que deseja investigar porque, apesar do método de investigação objetivo deixar à margem emoções e subjetividades, não prescinde de subjetividade, interesses, crenças e dos paradigmas dos investigadores.

Oitavo, da verdade para as decisões aproximadas: a prática do pensamento sistêmico delimita um modelo de estudo, devido as ilimitadas conexões do sistema e impossibilidade científica de abranger o todo. Com uso desse modelo, o cientista busca descrições aproximadas que sejam úteis à situação investigada, mesmo que procedendo com descrições limitadas e aproximações da realidade.

Nono, da quantidade para a qualidade: são empregados procedimentos visuais e de mapeamento para estudo dos padrões, formas, contextos e relações inerentes ao sistema. Enquanto que se perde ênfase na mensuração dos objetos, delimitação de suas propriedades, sua comparação aos padrões estabelecidos e sua quantificação, em vista de que essas propriedades dependem daqueles qualificativos;

Por fim, do controle para a cooperação, *influenciação* e ação não-violenta: o controle unilateral cede espaço para uma ordem estratificada, sobretudo pela imitação da natureza e dos sistemas vivos, que são regidos pelo equilíbrio entre competição e cooperação, complementariedade de tendências, associações e simbiose.

Andrade *et al.* (2006, p. 96) estabelece um método sistêmico de estudo para uma dada situação, em nove etapas. Contudo, nem todos os problemas são adequados para estudo a partir do Pensamento Sistêmico, que são caracterizados pela “multidimensionalidade de um sistema, variáveis interconectadas de maneira não-linear, dos atrasos nas relações de causa e efeito ou da complexa influência dos modelos mentais na realidade”.

A primeira etapa trata de definir uma situação complexa de interesse: define-se uma situação de interesse, seja situação problemática ou de interesse estratégico. Ainda, determina-se o horizonte temporal para análise e questões norteadoras para dirigir o atendimento dos objetivos estabelecidos.

Em seguida, apresentar a história por meio de eventos: são listados os eventos, acontecimentos observáveis na realidade, com datas e fases que possam descrevê-los resumidamente.

Posteriormente, identificar as variáveis-chaves: a partir da relação de eventos apresentados são identificadas variáveis-chave, que representam forças relevantes na realidade em estudo, limitadas a 25.

Em quarto lugar, traçar os padrões de comportamento: é realizada a coleta de dados para elaboração de uma série histórica das variáveis em estudo.

Quinto, desenhar o mapa sistêmico: objetiva identificar causas estruturais e pontos de alavancagem para proposições de ações com uso de técnicas como construção de arquétipos, correlação estatística, diagrama de causa e efeito, entre outras.

Sexto, identificar modelos mentais: são identificados os atores e os modelos mentais que afetam a realidade em questão, podendo ou não haver o acréscimo de novas variáveis-chave a partir dos modelos mentais.

Sétimo, realizar cenários: são construídos futuros alternativos conforme as forças, incertezas e tendências estudadas para que esses cenários sirvam como fonte de reflexão a partir dos enredos de cada um.

Oitavo, modelar em computador: as vantagens da modelagem computacional se devem ao ambiente de teste que é criado para poder testar estratégias, obter aprendizado, alterar parâmetros ao longo do tempo e reavaliar modelos mentais.

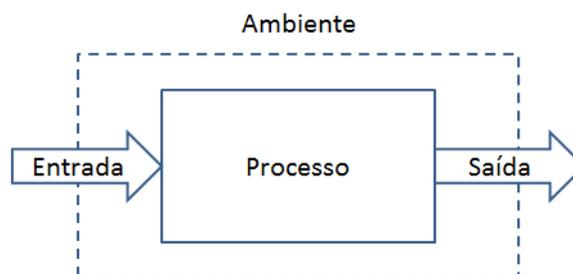
A última etapa é definir direcionadores estratégicos, planejar ações e reprojeter o sistema: no primeiro caso, são estabelecidos caminhos estratégicos úteis; no segundo, são criados projetos e ações para alavancar o sistema até uma situação desejada; e, no terceiro, são planejadas alterações considerando consequências sistêmicas.

Conforme Athey (1982), para um problema ser abordado sob a ótica sistêmica deve haver um desvio no desempenho do sistema em estudo, seja uma queda ou melhoria no desempenho estabelecido. Este autor estabelece oito etapas para o diagnóstico sistêmico:

- a) Formulação de um problema;
- b) Obtenção e avaliação de informações;
- c) Desenvolvimento de soluções potenciais;
- d) Avaliação de soluções viáveis;
- e) Decisão sobre a melhor solução;
- f) Dar a conhecer a solução do sistema;
- g) Implementar a solução;
- h) Estabelecer padrões de desempenho.

Athey (1982) conceitua o sistema a partir de suas definições, relações internas e externas, propósito e contexto. Definições são feitas sobre os sistemas e subsistemas relacionados, os elementos componentes desses sistemas, as fronteiras entre os elementos constituintes dos sistemas, o ambiente ao qual fazem parte os sistemas e suas interfaces internas e externas, com entradas e saídas. A representação esquemática de um sistema dinâmico definida por Athey (1982) é mostrada na Figura 1.

Figura 1- Sistema dinâmico.



Fonte: Athey (1982, p. 28) – tradução nossa.

Todo sistema é formado por subsistemas e as relações dentro do sistema ocorrem por um relacionamento hierárquico entre seus subsistemas, devendo o observador determinar qual nível deve focar e por conseguinte, quais elementos componentes do sistema

ênfatisado devem ser considerados. Um elemento componente importante no problema de sistema é o Tomador de Decisão Principal (TDP), que pode ser um indivíduo ou grupo com autoridade suficiente para alterar o funcionamento ou organização desse sistema. Essa organização ocorre a partir das interações entre os vários elementos componentes, sejam quanto a sua estrutura interna ou externa (ATHEY, 1982).

2.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

Conforme a Lei 12.305/2010 que institui políticas para o setor dos resíduos sólidos no Brasil, o país passa a ter um instrumento normativo com princípios, objetivos, diretrizes, instrumentos, uma gestão integrada e gerenciamento de resíduos sólidos que responsabiliza o poder público e geradores de resíduos.

Esta legislação contempla seis planos de resíduos sólidos, que são aplicados nos âmbitos nacional, estadual, municipal, intermunicipal, microrregional, regiões metropolitanas e aglomerações urbanas; e o plano de gerenciamento de resíduos sólidos. Cada um desses planos contempla um conteúdo mínimo, horizonte de tempo de 20 anos, atualizados a cada quatro anos, com prazo indeterminado e de ampla publicidade.

Em 2014, os artigos 54 e 55 da Lei 12.305/2010 (vide abaixo) foram alterados pelo Projeto de Lei do Senado nº 425, de 2014:

Art. 54. A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, observado o disposto no § 1º do art. 9º, deverá ser implantada em até 4 (quatro) anos após a data de publicação desta Lei.

Art. 55. O disposto nos arts. 16 e 18 entra em vigor 2 (dois) anos após a data de publicação desta Lei.

A nova redação dada para o Art. 54 pelo Congresso Nacional, foi:

Art. 54. A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, observado o disposto no § 1º do art. 9º, deverá ser implantada nos seguintes prazos:

I – até 31 de julho de 2018, para capitais de Estados e de Municípios integrantes de Região Metropolitana (RM) ou de Região Integrada de Desenvolvimento (Ride) de capitais;

II – até 31 de julho de 2019, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para Municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com outros países limítrofes;

III – até 31 de julho de 2020, para Municípios com população entre 50.000 (cinquenta mil) e 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010;

IV – até 31 de julho de 2021, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010.

Parágrafo único. A União editará normas complementares para definição de critérios de priorização de acesso a recursos federais e para implementação de ações vinculadas dentro dos prazos máximos estabelecidos nos incisos do caput (NR)

Para o art. 55, a redação dada foi a seguinte:

Art. 55. O disposto nos arts. 16 e 18 entra em vigor nos seguintes prazos:

I – até 31 de julho de 2017, para Estados e para Municípios com população igual ou superior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010;

II – até 31 de julho de 2018, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010.

Parágrafo único. Os Estados deverão apoiar os Municípios nos estudos de regionalização, na formação de consórcios públicos e no licenciamento ambiental. (NR)

Com isso, o art. 18 da Lei 12.305/2010 (vide abaixo), foi alterado, podendo, agora, os municípios com população superior a 50.000 habitantes, obedecendo ao Censo de 2010, estenderem a consecução do seu plano de gerenciamento dos resíduos sólidos até 31 de julho de 2017, como prazo máximo.

Art. 18. A elaboração de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, nos termos previstos por esta Lei, é condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

Com isso, no âmbito municipal, o plano de gestão integrado dos resíduos deve atender a um conteúdo mínimo, como diagnóstico dos resíduos sólidos gerados no território e identificação de áreas favoráveis para disposição final, entre outras questões, conforme o art. 19 da Lei 12.305/2010.

No tocante aos instrumentos econômicos concernentes à União, Estados, Distrito Federal e Municípios, podem estabelecer incentivos fiscais, financeiros e creditícios para reutilizar, tratar e reciclar resíduos, para projetos com catadores que objetivem o ciclo de vida dos produtos e para limpeza urbana - como descrito abaixo. Esses instrumentos instituídos pelo Governo Federal, devem ser priorizados para consórcios públicos que objetivem tornar exequível a descentralização e a prestação de serviços que abrangem resíduos sólidos.

- a) Indústrias e entidades dedicadas à reutilização, ao tratamento e à reciclagem de resíduos sólidos produzidos no território nacional;
- b) Projetos relacionados à responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos, prioritariamente em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda;
- c) Empresas dedicadas à limpeza urbana e a atividades a ela relacionadas. (LEI 12.305/2010, art. 44)

As linhas de financiamento ou medidas indutoras dos órgãos públicos devem atender com prioridade as iniciativas para prevenir e reduzir o volume de resíduos sólidos na cadeia produtiva, desenvolver produtos menos nocivos à saúde das pessoas e do meio ambiente, implantar infraestrutura física e adquirir equipamentos para cooperativas e associação de catadores, desenvolver projetos intermunicipais de gestão dos resíduos sólidos, estruturação de sistemas de coleta seletiva e de logística reversa; descontaminar locais contaminados, desenvolver pesquisas sobre tecnologias limpas que tenham ênfase sobre os resíduos sólidos e desenvolver sistemas de gestão ambiental e empresarial para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos (LEI 12.305/2010, art. 42).

2.3 Gerenciamento de resíduos sólidos

Uma profusão de eventos pode ser levantada em relação ao gerenciamento dos resíduos sólidos, como, por exemplo, problemas climáticos mundiais gerados a partir da emissão de CO₂ liberado pelos resíduos. Com o uso de 25 modelos climáticos, Fischer; Knutti (2015) projetaram, para o período 2006-2100, um cenário de altas emissões de gases do efeito estufa e sugeriram que os eventos climáticos incomuns e extremos estejam sujeitos às emissões desses gases. Caso as temperaturas aumentassem 2° em relação aos níveis pré-industriais, cerca de 40% das precipitações de chuva extremas seriam consequência de ações antropogênicas.

Isso caracteriza um cenário de mudanças climáticas, pois, conforme Abrelpe (2015b), mudanças no clima são associadas à variabilidade natural ou resultante da ação humana. Com isso, pode-se relacionar certos gases do efeito estufa a fontes de emissão típica, que, por sua vez, estão relacionadas à problemática do gerenciamento de resíduos sólidos. É o caso do CO₂, um gás causador do efeito estufa e proveniente também de RSU (ver Tabela 1).

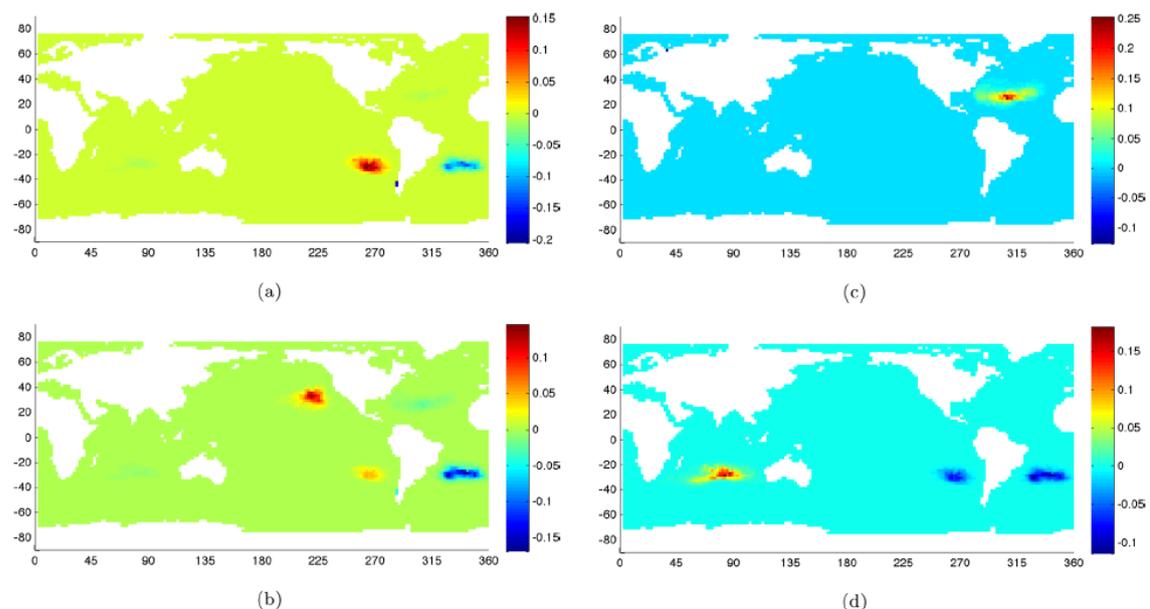
Tabela 1 - Gases de efeito estufa e seus potenciais efeitos de aquecimento global considerados pelo IPCC.

Gás	Potencial de Aquecimento Global (do inglês GWP)*	Fontes Típicas
CO ₂	1	Resíduos sólidos urbano, Combustão fóssil, Mudança no uso da terra, desmatamento e produção de cimento
CH ₄	21 (25)	Resíduos sólidos urbano, Agricultura (produção de arroz), aterros de lixo, manejo de animais e minas de carvão
N ₂ O	310 (298)	Produção e aplicação de fertilizantes e esgotos
PFCs	CF ₄ : 6,500 (7,390) C ₂ F ₆ : 9,200 (12,200)	Produção de alumínio
HFCs	HFC-23: 11,700 (14,800)	Refrigerantes
SF ₆	23,900 (22,800)	Transformadores elétricos, produção de magnésio

Fonte: Abrelpe (2015b, p. 22).

Outro fenômeno que pode ser citado é o escoamento dos resíduos sólidos para os oceanos. Como afirmam Froyland; Studart; Senbille (2014), milimétricas partículas de plástico formam uma aglomeração de resíduos tóxicos, constituído pelas correntes marinhas rotativas (giros oceânicos) provenientes de redemoinhos, estão localizadas no Pacífico Norte, a leste das Bahamas, leste do Rio de Janeiro no Brasil, leste de Madagascar e no Pacífico Sul, na altura do Chile (vide Figura 2).

Figura 2 - Localização das cinco grandes manchas de lixo oceânico.



Fonte: Froyland; Studart; Senbille (2014, p. 6).

Quanto ao gerenciamento dos resíduos em terra, nas regiões brasileiras, identificou-se o aumento na quantidade total de RSU gerada por dia, de 2,9% entre 2013 e 2014, bem como uma expressiva quantidade de municípios (64,8%) com iniciativas de coleta

seletiva. Entretanto, a destinação final dos resíduos para aterros sanitários ainda permanece crescente; em 2013, foram destinados cerca de 110 mil ton/dia de RSU e, em 2014, cerca de 114 mil ton/dia.

A quantidade de municípios no Nordeste que adotaram as soluções de aterro sanitário cresceu entre 2013 e 2014: 453 municípios em 2013 para 455 em 2014. Quanto à destinação de resíduos para os lixões, em 2013 foram destinados cerca de 33 mil ton/dia e, em 2014, 34 mil ton/dia, apesar de uma redução no número de lixões como destino final dos resíduos: 837 municípios em 2013 para 834 em 2014 (ABRELPRE, 2015b).

Nas cidades, os catadores, base da cadeia produtiva da reciclagem, são alvo de ações públicas que objetivam dirimir demandas estabelecidas. A saber, segundo IPEA (2012), são demandas provenientes desse elo da cadeia, entre outras:

- a) reorientação da coleta seletiva municipal das empresas privadas para cooperativas e catadores, que, por vezes, vendem seus produtos àquelas por preços muito baixos;
- b) empresas terceirizadas de coleta de RSU recusam-se a permitir o acesso dos catadores e a seleção dos materiais recicláveis recolhidos por seus caminhões, porque são pagas pelo peso e volume do que for coletado;
- c) os materiais recicláveis não são pré-selecionados e acabam enterrados juntamente com os resíduos orgânicos e os catadores não têm acesso a estes materiais nem antes, nem durante, nem depois da destinação final. Isso acaba sendo contrário aos interesses dos catadores;
- d) efeitos deletérios de usinas de incineração sobre as atividades dos catadores, pois tem sido apresentada como uma forma de recuperação energética que rompe a cadeia de reaproveitamento de materiais;
- e) promoção da adoção de biodigestores nas áreas dos catadores a fim de produzir gás natural, adubo orgânico, venderem créditos de carbono no mercado internacional para agregar valor à renda dos catadores e facilitar sua inclusão social.

A viabilização dessas ações para beneficiar os catadores de recicláveis, gerando emprego e renda, justifica o esforço empreendido, notadamente pelo quantitativo de 800³ mil pessoas que poderiam ser beneficiadas no Brasil. Com isso, estima-se que a partir da coleta do

³ O Movimento Nacional de Catadores de Recicláveis (MNCR) estima que hajam 800 mil catadores no Brasil, contudo, esse número não é um consenso entre instituições, como Cáritas e Instituto Polis. Pode-se estabelecer como intervalo razoavelmente seguro, entre 400 e 600 mil catadores no país (IPEA, 2012).

aço, alumínio, celulose, plástico e vidro reciclável disposto em aterros e lixões no país tivesse como destino final a reciclagem, poderia haver um benefício econômico e ambiental total de R\$ 8.094.653,00 (IPEA, 2010; IPEA, 2012).

Os benefícios sociais de emprego e renda não podem ser negligenciados, mesmo em face dos resultados financeiros desses benefícios, pois, por força de lei, a inclusão social de catadores constitui um objetivo da PNRS, bem com o art. 48 da Lei 12.305/2010 proíbe o exercício de catação em áreas de destinação final de resíduos ou rejeitos (IPEA, 2012). Portanto, estabelece-se o imperativo de inserir os catadores, sobretudo aqueles que realizam suas atividades em aterros e lixões, na cadeia logística reversa dos RSU, propiciando emprego e renda.

Podemos, ainda, tratar das UGERs no gerenciamento dos RSU: que são tecnologias que permitem o aproveitamento energético dos resíduos nas cidades. As soluções tecnológicas para os resíduos variam de cidade para cidade, não havendo, portanto, uma solução que possa ser replicada para todas as localidades. Por exemplo, devido à região Amazônica ter grande quantidade de resíduos orgânicos e São Paulo resíduos plásticos, o tratamento biológico seria mais adequado para a primeira região e a biodegradação para a segunda (NEVES, 2011).

Corroborando com essa opinião GRS/UFPE (2014, p. 16), ao reconhecer que as especificidades regionais são determinantes para a escolha das tecnologias adotadas para o tratamento dos RSU, afirmando:

O alcance das metas estabelecidas pela PNRS perpassa, pois, pela diversificação das tecnologias de tratamento, cuja adoção deve ser coerente com as necessidades regionais, levando a um novo modelo de gestão e tratamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.

É imperativo, portanto, uma gestão integrada dos resíduos sólidos tendo em vista os vários problemas relacionados a esta questão. Como afirma IPEA (2012, p. 46), é necessário um modelo de administração para os resíduos que objetive ganhos econômicos e ambientais, com a participação de várias instituições:

Em linhas gerais, a gestão integrada de resíduos sólidos é compreendida como a elaboração, implantação e execução de um modelo de administração dos resíduos sólidos, considerando a participação das autoridades competentes. Entrementes, na gestão dos resíduos sólidos, há significativas oportunidades de ganhos econômicos e ambientais. Não surpreende, portanto, a formação de um amplo mercado e a consolidação de interesses associados ao gerenciamento, recuperação e reciclagem de resíduos, bem como o crescente interesse de setores da sociedade civil pelo tema.

Diante disso, as tecnologias passíveis de geração de energia a partir dos resíduos e outras fontes, renováveis ou não, devem observar os impactos que causam relativos às problemáticas do gerenciamento dos resíduos sólidos. Cartelle *et al.* (2015) propôs um conjunto de indicadores ambientais, sociais, econômicos e técnico-funcionais para avaliar como usinas de energia, ao longo do seu ciclo de vida, podem contribuir para a sustentabilidade global do sistema de gerenciamento dos resíduos no qual estão inseridas. Os indicadores ambientais totalizam 19, os sociais 9, os econômicos 10 e os técnico-funcionais 6 (ver anexo A).

Souza *et al.* (2016) corrobora com Cartelle *et al.* (2015) quanto ao fato de que se faz necessária uma avaliação sistêmica, em detrimento das avaliações apenas financeiras e de curto prazo, para análise do emprego de opções tecnológicas de tratamento dos RSUs. Para Souza *et al.* (2016), em especial, essas tecnologias devem ser avaliadas a partir de 11 variáveis que estão relacionadas a três vigilâncias: sociais, ambientais e econômicos.

Diante dos fenômenos técnico-econômicos e ambientais citados para o gerenciamento dos resíduos sólidos, deve-se compreender as etapas logísticas necessárias para abordagem sistêmica nos elos da cadeia logística reversa, que será alvo da próxima seção.

2.4 Etapas logísticas do setor de RSU: coleta primária, armazenamento e triagem, transporte, destinação e tratamento dos resíduos.

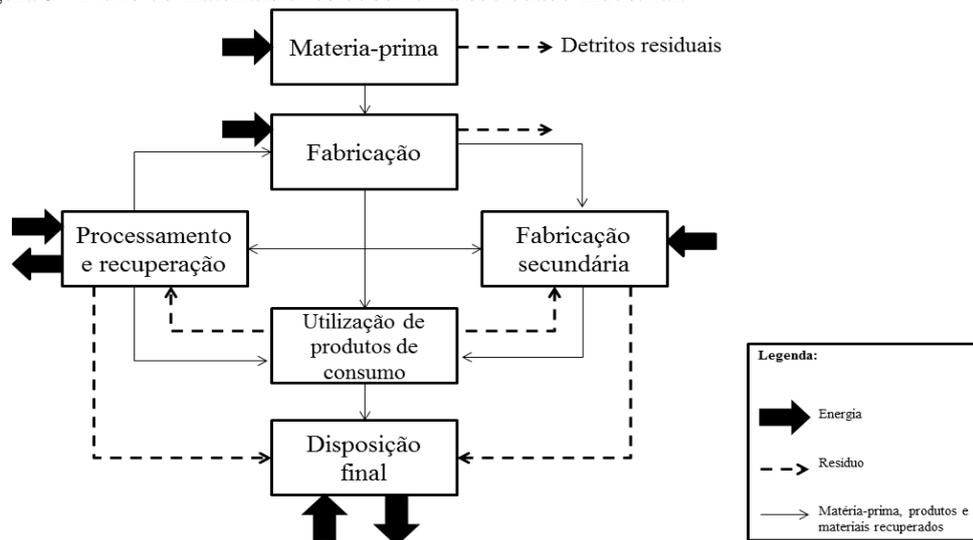
Conforme a Abrelpe (2015a), a universalização do serviço de coleta regular de RSU tardará mais do que o estipulado pelo Plano Nacional dos Resíduos Sólidos. De 2002 a 2013 a coleta regular nacional atingiu 90,4%, mas na região Nordeste esse percentual caiu de 88%, em 2002, para 80%, em 2013. No restante do país, essa coleta aumentou 13%.

Um tipo específico de coleta, a coleta seletiva, pode ser classificada como: porta-a-porta, Pontos de Entrega Voluntária (PEV) ou, mesmo, pode ser realizada a partir de convênios com cooperativas e organizações de catadores. Segundo previsão da Abrelpe (2015a), próximo ao ano 2044 ocorrerá a universalização da coleta seletiva no Brasil.

O funcionamento do processo de coleta e todas as etapas logísticas inerentes ao setor de RSU, pode-se iniciar pela administração das atividades inerentes ao trabalho com os resíduos sólidos; portanto, com a compreensão do fluxo de materiais e resíduos numa sociedade industrial (ver Figura 3). A partir da própria matéria-prima são gerados detritos

residuais ou os resíduos são gerados a partir do processo produtivo em uma organização. Do que é fabricado e mandado para produções secundárias, seja na mesma ou em outras indústrias, também são gerados resíduos que devem seguir para uma disposição final.

Figura 3 - Fluxo de materiais e resíduos numa sociedade industrial.



Fonte: Tchobanoglous; Kreith (2002, p. 1.2) – tradução nossa.

Quando o consumidor final faz uso dos bens produzidos pela indústria, sejam vindos de um processo manufatureiro secundário ou não, esse consumidor gera resíduos para serem processados e recuperados a fim de que os materiais gerados possam novamente entrar no processo produtivo das organizações. Por fim, unidades de processamento e reaproveitamento de materiais também geram resíduos, os quais, por sua vez, seguem para disposição final.

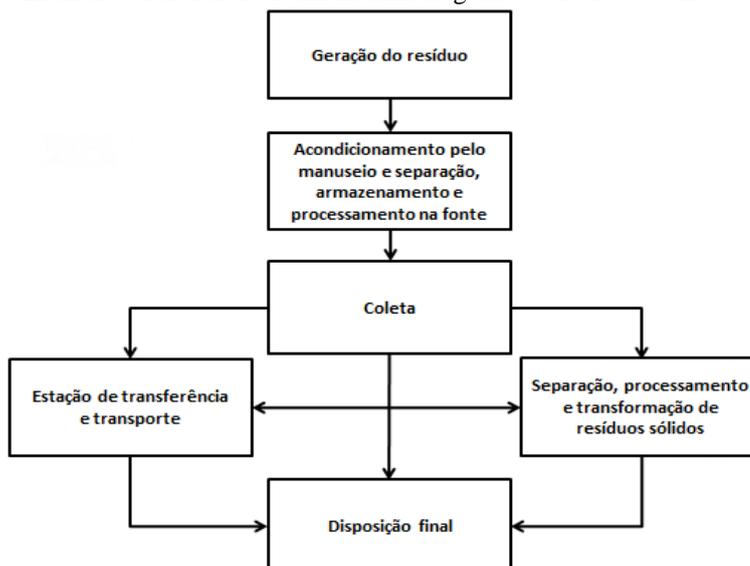
Com isso, nota-se que as fontes geradoras desses resíduos podem ser uma residência, um comércio, empresas e indústrias de construção e demolição, podem vir de serviços municipais, dos próprios locais de tratamento dos resíduos e da agricultura (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2002).

Os conhecimentos associados ao fluxo de materiais e resíduos numa sociedade industrial, conforme Tchobanoglous e Kreith (2002), referem-se às tecnologias de manuseio, armazenamento, coleta, transferência, transporte e disposição final; ainda, é preciso seguir a legislação local, atender condutas adequadas à saúde pública e ao meio ambiente, devendo-se utilizar conhecimentos em arquitetura, planejamento, administração e engenharia, tudo isso para que haja uma gestão integrada dos resíduos sólidos.

Com isso, as etapas de gerenciamento do fluxo de materiais e resíduos foram

classificadas por Tchobanoglous e Kreith (2002); Caixeta Filho e Cunha (2002): geração do resíduo; acondicionamento pelo manuseio, separação, armazenamento e processamento na fonte de geração; coleta do resíduo; estação de transferência e os transportes associados a essa estação; separação, processamento e transformação de resíduos sólidos; e disposição final (ver Figura 4).

Figura 4 - Elementos funcionais de um sistema de gestão de resíduos sólidos.



Fonte: Adaptado a partir de Tchobanoglous; Kreith (2002); Caixeta Filho; Cunha (2002).

A partir da Figura 4, pode-se verificar que, referente à geração dos resíduos, o volume, o acondicionamento (em embalagens retornáveis ou não) e o perfil populacional de dada região são determinantes para caracterizar a geração desses resíduos, bem como saber o tipo dos materiais para definir seu destino correto. Essa geração de resíduo não é uma tarefa controlável, é necessário identificar o tipo do resíduo conforme cada caso particular.

Na segunda etapa, o acondicionamento dos resíduos é importante para facilitar o processo de coleta na etapa posterior. O acondicionamento pressupõe a separação dos tipos de resíduos e o seu efetivo acondicionamento, que pode ocorrer em diversos tipos de equipamentos, como tambores, contêineres e sacos plásticos. Mas o próprio material de acondicionamento pode ser causa de problemas, como o tempo que os sacos plásticos demoram a se degradar naturalmente no meio ambiente. Outra tarefa dessa etapa é o manuseio até o local de armazenamento, onde ocorrerá a coleta e, nesse local, deve-se observar os riscos associados à saúde pública e a estética do ambiente.

A coleta, terceiro passo, ocorre por meio de veículos específicos para o tipo de coleta. A coleta pode ser seletiva (ou seja, de materiais que podem ser reciclados) ou

convencional (ou seja, de materiais a serem levados para triagem e disposição final). Assim a roteirização desses veículos conforme o tipo de coleta deve ser questão de estudo, desde o ponto de saída da garagem onde se encontram, passando pelos locais onde descarregaram a lixo coletado (como estações de transbordo) até seu retorno a garagem. Existem diversos tipos de veículos usados na coleta, como caminhões compactadores de resíduos e caminhões multi-caçamba, esse é usado na coleta seletiva.

A estação de transbordo é o local onde caminhões de menor capacidade de carga, que fizeram a coleta, descarregam os resíduos para que outro caminhão, com maior capacidade de carga, leve os resíduos deixados na estação para um local mais distante, para disposição final (aterro). Esta é uma prática que visa reduzir tempo e custo com transporte. Modais como vagões e barcas também podem ser utilizadas nessa etapa.

Na etapa de separação, processamento e transformação do resíduo sólido, os resíduos são separados para serem processados em equipamentos como incineradores de resíduo, que objetivam reduzir o volume e peso dos resíduos e o potencial tóxico deles e usar o calor gerado pela queima para gerar energia. De outro modo, resíduos não orgânicos podem ser encaminhados para transformação (ou recuperação), sendo reciclados e novamente entrando como matéria-prima no processo produtivo em uma organização, ou o resíduo ser usado na compostagem e o húmus gerado ser empregado na atividade agrícola.

Por fim, a última etapa é a disposição final dos resíduos. Nesta etapa são empregadas tecnologias como aterros sanitários, aterros controlados e lixões. Cada tecnologia possui suas vantagens e desvantagens, mas nos lixões há somente as desvantagens da depreciação da paisagem, vetores de doenças, liberação de gases prejudiciais à atmosfera e a degradação social do entorno e das pessoas que empregam seu esforço nesse local.

Diferente de Tchobanoglous e Kreith (2002); Caixeta Filho e Cunha (2002), que classificam a reciclagem, compostagem e incineração numa etapa anterior a disposição final, GRS/UFPE (2014) classifica a triagem e reciclagem, aterro sanitário, incineração, combustíveis derivados de resíduos (CDR), coprocessamento de RSU e o tratamento biológico com a compostagem ou digestão anaeróbia como tecnologias de tratamento e disposição final de RSU. De outro modo, Souza *et al.* (2016), nomeia a reciclagem, compostagem, biodigestão anaeróbia, incineração e aterramento como tecnologias de gerenciamento de resíduos.

Independente da classificação de cada uma dessas tecnologias, pode-se

compreender esse fluxo de materiais a partir do estabelecimento de uma rota tecnológica para uma dada região. Ou seja, com um desenho esquemático, GRS/UFPE (2014), definiu o emprego das tecnologias de triagem, compostagem, digestão anaeróbia, incineração e aterro sanitário dentro da cadeia logística reversa dos RSU para um dado município, conforme seu número de habitantes (ver anexo B).

Na faixa populacional até 250 mil habitantes, apresentam a rotas tecnológicas e equipamentos similares, não fosse pela existência de ecopontos e a possibilidade de inexistência da coleta de resíduos orgânicos de grandes geradores. A rota compreendida na faixa entre 250 mil e 1.000.000 de habitantes, se destaca pela possibilidade de haver um Incinerador para tratar os resíduos não recicláveis.

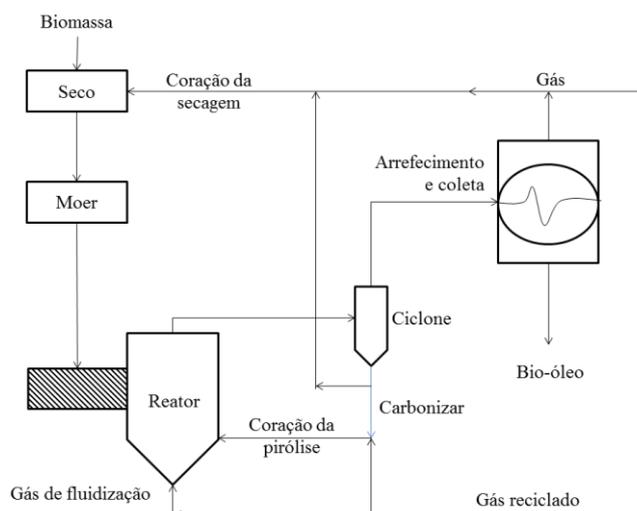
A rota com faixa populacional acima de 1.000.000 de habitantes, apresenta como elementos distintivos a coleta de resíduos orgânicos, independente da existência de grandes geradores e a presença das tecnologias de Digestão Anaeróbia e a Incineração como fontes de geração e energia.

Outra tecnologia que pode ser empregada como elo nessa rota tecnológica de destino dos RSU é a Pirólise. Essa tecnologia tem como vantagens o tratamento da mistura variada de componentes, típicos dos resíduos urbanos, como papel, alimento e plástico dentro de um único invólucro. A redução do volume dos resíduos, baixas temperaturas e o baixo teor de compostos cancerígenos são outros pontos fortes da tecnologia (HUI *et al.*, 2015).

No processo de pirólise rápida (ver Figura 5), percebe-se que a biomassa é utilizada como matéria-prima, passando por um condicionamento prévio de secagem (reduzindo a umidade) e moagem (obtendo a granularidade necessária), até a inserção dessa biomassa no reator, que aquece a uma temperatura em torno de 500° C. Após isso, há a separação do carvão dos gases e vapores, e condensação rápida para coleta do bioóleo ou óleo de pirólise, que é um combustível líquido (KLINGHOFFER; CASTALDI, 2013).

O óleo de pirólise tem a vantagem do fácil manuseio e distribuição para gerar energia em motores ou, mesmo, esse óleo pode ser usado em produtos químicos e adesivos. Contudo para ser gerado este produto final, a tecnologia emite, como subproduto, resíduos em forma de gases e sólidos provenientes da matéria-prima empregada (FURLAN, 2007).

Figura 5 - Visão geral do sistema de pirólise.



Fonte: Klinghoffer; Castaldi (2013, p. 159) – tradução nossa.

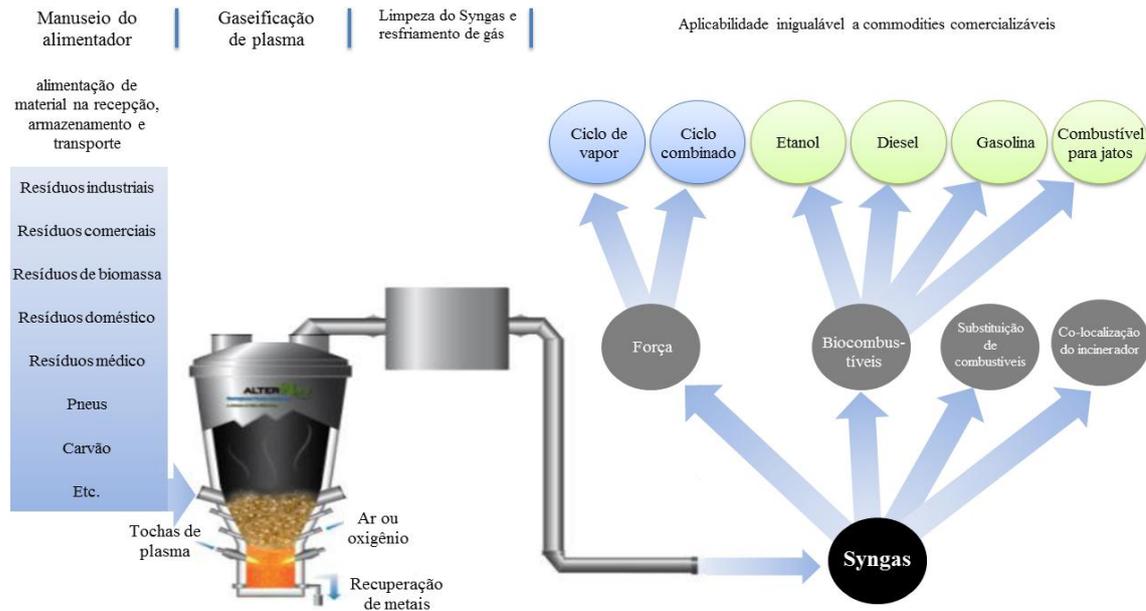
Outra tecnologia para disposição final é a gaseificação de Plasma. Essa tecnologia advém do processo físico da queima de materiais acima de 2.000° C, fazendo com que esses materiais passem do estado gasoso e, mantendo-se a temperatura elevada, chega à forma de plasma, um quarto estado da matéria, após o gasoso (Westinghouse Plasma Corporation, 2015a). Nesse quarto estado, há ocorrência de um gás ionizado, total ou parcialmente, que apresenta cargas elétricas e conduz eletricidade.

No Brasil, pesquisadores do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), com apoio da FAPESP por meio do programa Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (Pipe), desenharam um reator de plasma acoplado a uma turbina a gás e a um gerador de energia elétrica. Em um processo controlado, os resíduos e materiais voláteis são submetidos a altas temperaturas, que degradam essa matéria-prima até virarem fumaça (ou seja, gaseificando os resíduos) com poder calorífico, essa fumaça alimenta a turbina que faz o gerador produzir energia elétrica para retroalimentar o próprio sistema e gerar um excedente, que pode ser comercializável. Os resíduos que não se transformaram em fumaça se solidificam, são resfriados e tem aplicações comerciais (ROMERO, 2007).

Algumas empresas oferecem essa tecnologia de gaseificação de plasma no mercado, como Westinghouse Plasma, Plasco Grupo Energia, Europlasma e InEnTec. Na tecnologia empregada pela Westinghouse (Figura 6) pode-se observar que os resíduos provenientes das atividades comerciais, da biomassa, de residências, de instituições médicas,

além de pneus e carvão podem servir para alimentar o gaseificador de plasma, onde esses resíduos são submetidos a temperaturas possíveis de quebrar a matéria-prima em moléculas de hidrogênio, monóxido de carbono e água. Ainda, com essa temperatura, os alcatrões são eliminados e passíveis de serem removidos, algo impossível em temperaturas menores.

Figura 6 - Tecnologia de plasma Westinghouse.



Fonte: Adaptado de Westinghouse Plasma Corporation (2015b) – tradução nossa.

Com o aquecimento dos resíduos no gaseificador, são gerados como saídas do processo: um jato de plasma, escórias e metais, e o “gás de síntese” (syngas). Esse jato, ou tochas, de plasma é controlado para gerar energia elétrica que, segundo UERJ-LAR (2011), podem operar a partir de duas tecnologias: um arco transferido ou não-transferido; e a escolha dessa tecnologia depende da aplicação e do desenvolvimento da peça dado pela empresa-fornecedora do equipamento. A tecnologia de arco não-transferido reduz o risco de choque elétrico devido ocorrer geração de eletricidade dentro do dispositivo e a parte externa não fazer parte do circuito elétrico.

Quanto a geração de escórias, metais recuperados e agregados inertes, estes podem ser vendidos no mercado, usados para pavimentar ruas e calçadas (ROMERO, 2007). O gás de síntese, após sair da gaseificação, passa por uma série de processos: é bruscamente resfriado, há limpeza, remoção de partículas, enxofre, metais pesados e esses subprodutos podem voltar para gaseificação ou terem destinação para venda, como o cloro. O produto final, após o gás limpo, é a geração de energia elétrica para as indústrias e a venda de

combustível líquido - como etanol, diesel, gasolina e hidrogênio.

O valor estimado para o investimento na planta está na escala de milhões de dólares; uma planta com capacidade de 40 ton/dia pode requerer U\$ 27 milhões; já outra planta com capacidade de 280 ton/dia a estimativa de investimento é de U\$ 70 milhões. A variação desses valores ocorre em função da topografia do terreno, perfil geológico, distância do porto mais próximo, entre outras variáveis. A esses valores ainda devem ser adicionados o custo da área, movimentação de terras, condição de acesso facilitado à localidade, subestações de energia, linhas de transmissão de energia, impostos, taxas e demais contribuições (Westinghouse Plasma Corporation, 2015a).

Themelis *et al.* (2013) reportam que, ao focar em tratamentos térmicos, uma região deve investir em UGERs com processamento de, pelo menos, 200.000 toneladas por ano, dado que quantidades menores provavelmente tornam o investimento inviável financeiramente.

Existem, ainda, gases emitidos pelo processo que devem obedecer a acordos, normas e a legislação nacional e internacional. Esses poluentes podem ser o óxido de nitrogênio, dióxido sulfúrico, coloide de hidrogênio, mercúrio, dióxidos e furanos, arsênico, cádmio, selênio, entre outros específicos (Westinghouse Plasma Corporation, 2015a). Já Klinghoffer; Castaldi (2013) lembram que o desafio para a gaseificação dos resíduos é o tratamento dos subprodutos, como alcatrão e as cinzas.

Conforme o projeto, o *layout* do gaseificador permite diversas configurações, pois é um sistema modular, segundo a capacidade de processamento. Há um *mix* de produtos a serem escolhidos tecnicamente. Do mesmo modo, o *layout* da planta de plasma deve ser aplicado em cada caso. Contudo, as instalações básicas necessárias para a planta são: área para recebimento e estocagem dos resíduos, gaseificador, turbina a vapor e gerador, centro de distribuição de energia, incineradores para tratar as cinzas produzidas e administração central (Westinghouse Plasma Corporation, 2015a).

Furlan (2007) reporta pontos fortes e fracos da tecnologia de plasma térmico, diante de outras tecnologias, considerando parecer de instituições como TSL Ambiental, ABELPRE, CEMPRE, ABETRE. A TSL aponta como pontos fortes o gás de síntese exigir menos processo de limpeza, o investimento final menor e que os gases emitidos são mais uniformes e em menor quantidade, apesar de se equivalerem aos gases emitidos pela incineração, quando tratados. Entretanto, a mesma empresa coloca como deficiência a ligação

à rede elétrica para receber e distribuir a energia excedente.

Para a ABELPRE, não há vantagens aparentes no uso da tecnologia de plasma. Cita, por exemplo, que a camada de argila no fundo dos aterros sanitários traz o isolamento adequado e não permite a contaminação ambiental por vazamento. Para o CEMPRE, um benefício da planta de plasma em funcionamento da cidade de Piracicaba-SP foi a maior valorização do material coletado pelos catadores. Por fim, a ABELTRE alerta para a quantidade contínua de resíduos enviados para a planta de plasma para manter o sistema.

Existem diversas tecnologias para o tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, como Pirólise e Plasma. Contudo, existem poucas instalações das tecnologias de gaseificação, pirólise e arco de plasma operando nos Estados Unidos, Europa e Japão. Portanto, há insuficiência de dados para análise e comparação do seu desempenho ambiental e econômico diante de outras tecnologias. Mesmo sob o ponto de vista comercial, algumas tecnologias ainda são caracterizadas como experimentais e sem representatividade, como é o caso das tecnologias de gaseificação, pirólise e bio-gaseificação - que realiza digestão anaeróbia de RSU (GRS/UFPE, 2014).

Sobre as tecnologias viáveis para tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, pode-se elencar a compostagem, digestão anaeróbia, triagem e reciclagem dos RSU. Contudo, essas tecnologias apresentam vantagens e desvantagens no seu uso, ressalvas sejam feitas, por exemplo, a tecnologia de triagem e reciclagem no que diz respeito aos custos de implantação, operação e manutenção, pois superam as receitas obtidas com a comercialização dos materiais beneficiados (GRS/UFPE, 2014).

Devendo, ainda, ser realizada análise sobre a necessidade dos setores econômicos demandantes e ofertantes de material para estas estações de triagem e de todos os atores intermediários da cadeia, bem como tecnologias empregadas no processo produtivo e avaliada a complexidade envolvida nas relações de trabalho dos colaboradores dessas estações (GRS/UFPE, 2014).

Após análise de cada etapa logística, faz-se necessário identificar variáveis para avaliação das tecnologias de tratamento e disposição final dos resíduos, bem como as rotas tecnológicas, isso, a partir do estabelecimento de certas dimensões. Souza *et al.* (2016) investigou variáveis relativas as dimensões econômica, social e ambiental e GRS/UFPE (2014), apresentou variáveis considerando as dimensões técnico-econômica, socioambiental e institucional (ver Anexo A).

Para analisar as tecnologias de tratamento e destinação final, Souza *et al.* (2016, p.378), justifica o uso das três dimensões (econômica, social e ambiental) devido ser premente uma visão sistêmica diante da complexidade de fatores que se associam a cada tecnologia:

É necessário, no entanto, adotar uma visão holística na análise crítica das opções tecnológicas, para que não se cometam erros de reducionismo, comuns quando se consideram apenas custos diretos e de curto prazo. Devem ser avaliados e, se possível, mensurados os benefícios sociais, ambientais e econômicos, considerando para cada alternativa tecnológica: custos de médio e longo prazo; possíveis economias de recursos naturais; energia e outros insumos; capacidade de geração de trabalho e renda; potencial de educação e desenvolvimento de uma cultura ambiental; diminuição da pegada ecológica e de emissão de gases de efeito estufa (GEEs), entre outros.

Sob o ponto de vista econômico, Souza *et al.* (2016, p. 379), ressalta a falta de dados empíricos para subsidiar a pesquisa, assim, foram criados índices gerais e o autor explica que “o Capex, em termos práticos, trata do valor a ser investido nos ativos necessários à operação da tecnologia, incluindo maquinário, obras civis, vias de acesso, instalações e afins”. Quanto ao Opex, o autor apresenta como exemplos os custos de manutenção, transporte e insumos.

2.5 Problema de Localização de Facilidades Capacitado (PLFC)

Facilidades podem ser compreendidas como fábricas, depósitos, escolas e ecopontos. A instalação dessas facilidades implica em custos de distribuição, notadamente custo associados aos transportes. Assim, é importante localizar estrategicamente essas facilidades, uma vez que podem gerar eficiência econômica e a minimização dos custos dos transportes para disposição final dos materiais transportados (ABRELPE, 2015).

O PLFC objetiva determinar o conjunto de locais em que as fábricas devem ser alocadas e qual fábrica deve atender qual cliente. Ming-Che *et al.* (2010, p. 599) consideram que o PLFC consiste na:

[...] localização de um conjunto de plantas potenciais com capacidades e atribuição de um conjunto de clientes para essas plantas. O objetivo é minimizar o total de custos fixos e de transporte e, ao mesmo tempo, exige que todos os clientes possam ser satisfeitos sem violar as restrições de capacidade das plantas.

Corroboram com essa ideia Ghiani, Guerreiro e Musmanno (2002), quando afirmam que esse problema tem como objetivo localizar um conjunto de fábricas capacitadas

de forma que a soma dos custos de construção das instalações e custos de transporte sejam minimizados.

O modelo clássico de alocação de facilidades com limitações de capacidades nas ofertas e demandas está fundamentado em metodologias de programação linear inteira (PLI) onde sua solução numérica é obtida com o algoritmo Simplex, conforme Schrage (1999).

Segundo Belfiore e Fávero (2012), ocorrendo variáveis de decisão binárias (0 ou 1) ou *dummy* - ou seja, ocorrendo o valor 1 quando a característica de interesse se faz presente na variável ou 0 caso contrário - tem-se um problema de programação binária. Havendo variáveis de decisão binárias e outras contínuas, o problema é tido como uma programação binária mista.

Neste trabalho, a localização ótima das facilidades (ecopontos) envolve variáveis inteiras e binárias x_{ij} e y_i do tipo (0,1). O cenário da cidade de Juazeiro do Norte apresenta Zonas Geradoras de Lixos (ZGLs) onde se deseja estabelecer uma política de alocação de ecopontos com menor custo de instalação e movimentação de lixo entre as origens e os destinos. Assim, pode-se definir as variáveis de atendimento e alocação:

Variáveis de atendimento:

$x_{ij} = 1$ se a ZGL j é atendida pelo ecoponto i ; 0 caso contrário.

Variáveis de alocação:

$y_i = 1$ se o ecoponto é alocado na ZGL i ; 0 caso contrário, isto é, a ZGL i não será instalada no ecoponto.

Definidas as variáveis de decisão do modelo de PLI, descrevem-se os coeficientes tecnológicos do modelo a seguir:

n = número de ZGL nos quais os ecopontos podem ser instalados;

m = número de pontos possíveis de se instalar um ecoponto;

k = número de ecopontos que podem ser instalados;

f_i = custo fixo de instalação do ecoponto i ;

d_{ij} = distância de uma ZGL j ao ecoponto i .

Segundo Dantzig (1963, p. 56), a formulação do modelo de alocação como um problema de PLI assume a seguinte forma:

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^n f_i y_i \quad (A)$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \text{ para } j = 1, \dots, m \quad (B)$$

$$\sum_{j=1}^m D_j x_{ij} \leq K_i y_i \text{ para } i = 1, \dots, n \quad (C)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = k \text{ com:} \quad (D)$$

$$x_{ij} \leq y_i \text{ para } i = 1, \dots, n \text{ e } j = 1, \dots, m \quad (E)$$

$$y_i \in \{0,1\} \text{ para } i = 1, \dots, n \text{ e,} \quad (F)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \text{ para } i = 1, \dots, n \text{ e } j = 1, \dots, m$$

A equação (A) indica a função objetivo com duas componentes: a distância total a ser percorrida entre as ZGLs e os ecopontos, e componentes dos custos fixos f_i que assumiu-se neste trabalho todos iguais a 1.

A equação (B) assegura que cada ZGL j deve ser atendida por um e somente um ecoponto. Já as restrições (C) indicam que cada ecoponto pode receber lixo de várias ZGLs de acordo com suas capacidades de ofertas k e demandas D . A equação (D) assegura a quantidade de ecopontos que o gestor público está disposto a instalar. As demais restrições configuram a integralidade das variáveis serem 0 ou 1.

A solução numérica do modelo acima de PLI é obtida através do algoritmo variantes do Simplex considerando as variáveis inteiras.

A solução do modelo pode ser obtida por meio de diversos *softwares* - tais como o LINDO e o LINGO - ou por meio da ferramenta complementar do Ms Excel, o SOLVER. O *software* LINGO (*Linear and Nonlinear Generalized Optimizer*) foi adotado neste trabalho para resolução de modelos matemáticos de PLI.

2.6 Análise de Conteúdo e Emparelhamento

Análise de Conteúdo “é um conjunto de técnicas de análise das comunicações” (BARDIN, 1977), que estuda “motivações, atitudes, valores, crenças, tendências” e ideologias existentes de modo pouco claro em diretrizes, princípios e leis (TRIVIÑOS, 1987).

Utilizada em pesquisas qualitativas, quantitativas ou ambas, a Análise de

Conteúdo é empregada para tratar e interpretar grandes quantidades de dados a fim de identificar o que está sendo dito sobre um dado tema. Para seu emprego, exige-se o estabelecimento de categorias verificáveis a partir da frequência do conteúdo investigado (VERGARA, 2005).

Essas categorias são inseridas em uma grade de análise: aberta, fechada ou mista. No primeiro tipo de grade, as categorias são definidas ao longo da pesquisa, permitindo inclusão de novas até que se chegue a um conjunto de categorias ideal. O segundo tipo, os elementos da grade são definidos a partir da literatura apropriada. Na grade mista, as categorias são previamente definidas segundo a grade fechada, mas novas categorias podem surgir com os dados coletados na pesquisa (VERGARA, 2005).

Conforme Vergara (2005), um método sistemático para uso da Análise de Conteúdo, a partir da definição do tipo de grade a ser utilizada, requer a leitura do material coletado na coleta de dados, definição de unidades de análise (como palavras e expressões), definição das categorias na grade escolhida, análise estatística ou interpretativa.

Bardin (1977) estabelece a Análise de Conteúdo em três etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados e interpretações (figura 7):

- a) Pré-análise: inicia com a compreensão dos documentos a serem analisados deixando-se influenciar por impressões e orientações, depois escolha dos documentos a serem utilizados a partir dos objetivos da pesquisa. Segue para formulação de hipóteses, objetivos, índices (menções de um tema no texto) e indicadores (de frequência de um dado tema do texto diante dos demais). Por fim, prepara-se o material para ser analisado, realizando transcrições e edições, por exemplo.
- b) Exploração do material: executa-se a análise do material, a partir do que foi definido da Pré-análise, com interpretação ou enumeração empregando processos manuais ou computacionais. Esta etapa é tida como longa e enfadonha.
- c) Tratamento dos resultados obtidos e interpretação: com os resultados das análises, propõe-se inferências e interpretações, em função dos objetivos de pesquisa.

Figura 7 - Desenvolvimento de uma análise.



Fonte: Bardin (1977, p. 102).

Para Triviños (1987), a inferência pode partir do conteúdo da mensagem em análise ou mesmo de premissas do estudo, ficando a cargo do pesquisador o uso de um conjunto de técnicas para elaborá-las, como: codificação e categorização.

Para obtenção dos resultados da interpretação da Análise de Conteúdo, Vergara (2005, p.19) aponta a Análise de Emparelhamento como adequado. Segundo essa autora, trata-se da “associação dos resultados ao referencial teórico utilizado, procedendo-se comparação”.

Greenwood (1965) classifica a Análise de Emparelhamento como uma técnica de controle e domínio. Dentre um conjunto de pares equiparados de características importantes para a pesquisa, uma faz parte de um conjunto experimental e outra faz parte do conjunto de controle. Assim, mudanças que venham a ser registradas na variável dependente no conjunto experimental poderão ser atribuíveis a variável independente, no conjunto de controle.

Com isso, em pesquisa *ex post facto*, o observador nota efeito da variável independente após sua suposta ocorrência, assim, devendo reconstruir mentalmente o ocorrido com propósito de observar possíveis diferenças. As modificações na realidade social esperadas pelo observador, devido seu prévio conhecimento, estão de encontro às hipóteses e variáveis levantadas, como assevera Greenwood (1965, p. 321):

Exactamente como um astrónomo que se desloca ao local onde se espera seja visível

um eclipse, o investigador social coloca-se numa posição que lhe permita presenciar a aparição, devidamente prevista, de uma variável independente e dos seus efeitos ulteriores. Pode deste modo observar uma experiência que lhe não seria possível provocar.

Laville; Dionne (1999, p. 227) elencam a Análise de Emparelhamento como uma técnica qualitativa de conteúdo para conservação da literalidade das informações. A fim de observar sutilezas no sentido “entre as unidades, aos elos lógicos entre essas unidades ou entre as categorias que as reúnem”, sugerem estabelecer os seguintes procedimentos:

- a) Associar dados recolhidos a um modelo teórico para compará-los;
- b) Verificar correspondência entre construção teórica e situação observável;
- c) Comparar o modelo lógico ao conteúdo ou objeto de análise.

Portanto, para Análise de Emparelhamento há necessidade de um procedimento organizado e sistemático para obter interpretações adequadas dos conteúdos em análise (LAVILLE; DIONNE, 1999).

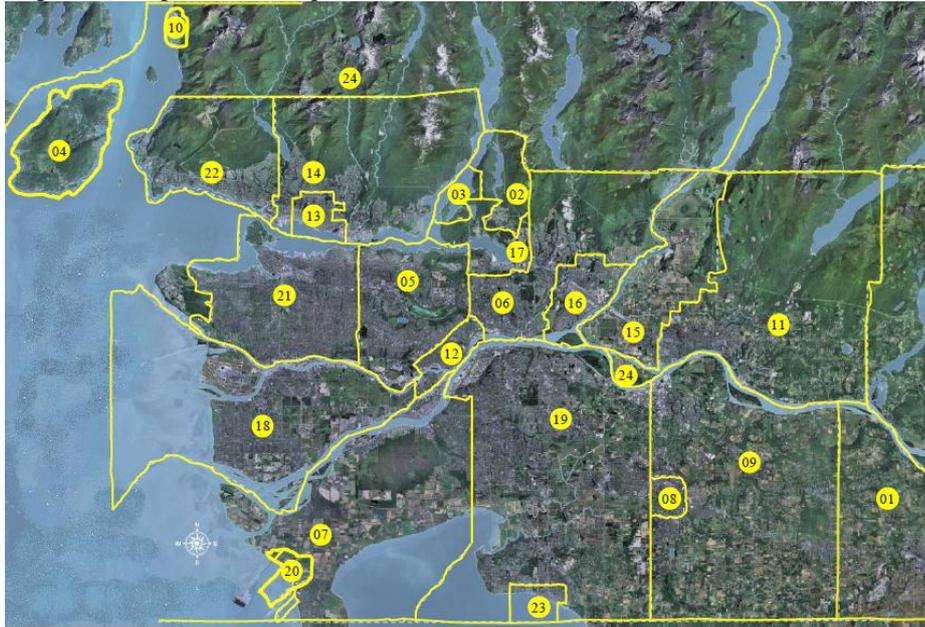
2.7 A experiência nacional e estrangeira

2.7.1 Caso estrangeiro: Grande Vancouver (Canadá)

Polzer (2012) descreve o estudo da gestão dos RSU domiciliares na região da Grande Vancouver parte da caracterização e do desenvolvimento histórico da região, delimitando os 24 municípios (Figura 8), a população (pouco mais de 628 mil habitantes), área geográfica (114,67 km²), equipamentos macrologísticos (ferrovia transcontinental), grupos étnicos característicos da região (chineses, sul-asiáticos, filipinos e aborígenes).

Os aspectos legais pertinentes à localidade dizem respeito ao Plano diretor da Cidade (*City Plan*) e ao Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (*Zero West*). Quanto ao *City Plan*, são levantados pontos como: a geração de emprego próximo às residências; levantamento dos deslocamentos a pé ou de bicicleta e a redução da quantidade de veículos em trânsito; atração de empresas para o centro da cidade, de modo que incentive a redução, reuso e a reciclagem dos resíduos.

Figura 8 - Mapa dos municípios da Grande Vancouver.



Fonte: Polzer (2012, p. 67)

O *Zero West* trata da redução da geração de resíduos sólidos na fonte geradora, caracterização dessas fontes para desvio e reciclagem dos materiais-alvos; proteção de áreas de agricultura e lazer; estabelecimento de metas formais a serem alcançadas para redução dos volume de resíduos; envolvimento de patrocinadores e voluntários.

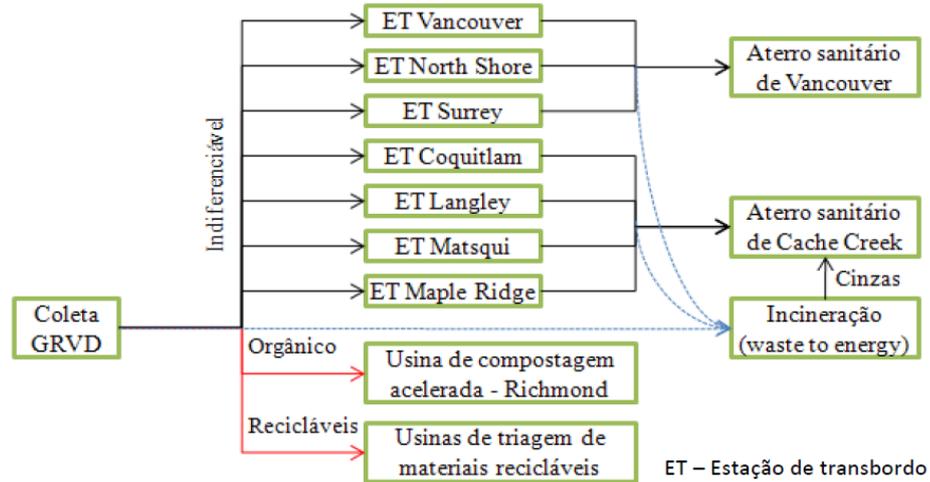
A Grande Vancouver possui dois aterros sanitários, sendo um operado pela prefeitura e outro particular, um incinerador e sete estações de transbordo (ver Figura 9). Para operacionalizar essas facilidades, há um plano integrado que pode ser observado em um fluxograma (Figura 10), elaborado por Polzer (2012). Podem ser observadas as sete estações de transbordo intermediando o fluxo entre a atividade de coleta e a destinação final (aterro sanitário e incineração). Dependendo do tipo de resíduo, podem seguir caminhos alternativos: os resíduos orgânicos seguem para as usinas de compostagem e os materiais recicláveis são destinados para usinas de triagem.

Figura 9 - Localização dos aterros sanitários, estações de transbordo e o incinerador.



Fonte: Adaptado de Polzer (2012, p. 76) – tradução nossa.

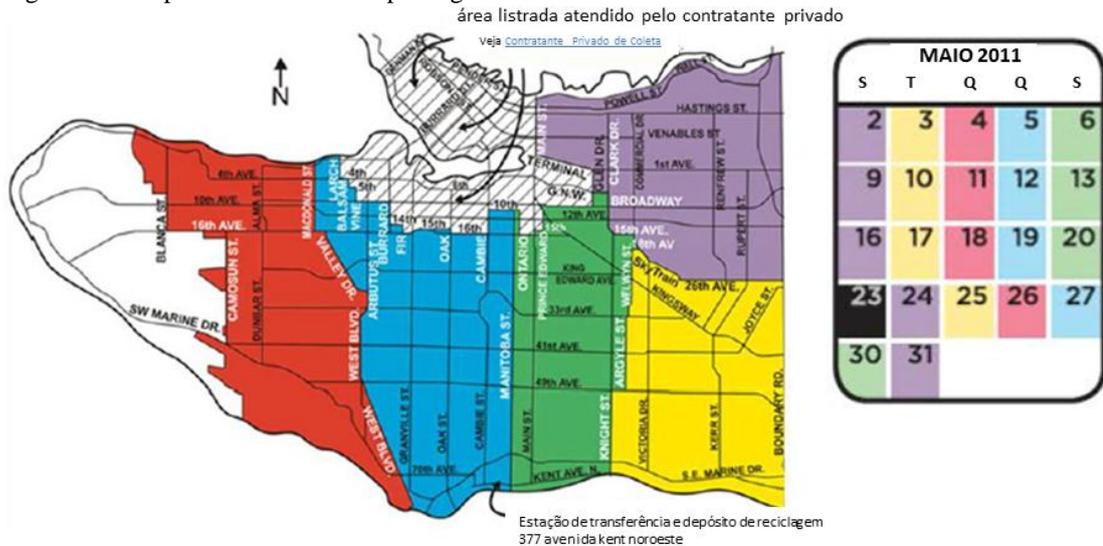
Figura 10 - Fluxos dos RSU na Grande Vancouver.



Fonte: Polzer (2012, p. 76).

A atividade de coleta é realizada em caminhões específicos e engloba: uma agenda de coleta, com dia e hora sobre quanto o carro de coleta passará em dada localidade da Grande Vancouver (ver figura 11); armazenagem dos resíduos coletados, que pode ser em contêiner ou carrinhos; por fim, a coleta abrange a atividade de informação à população de cada município sobre como armazenar e dispor corretamente os resíduos para serem coletados.

Figura 11 - Mapa da coleta seletiva por regiões.



Fonte: Polzer (2012, p. 98) – tradução nossa.

Os resíduos devem seguir uma regra pré-estabelecida para serem dispostos para coleta dos caminhões: os carrinhos onde os resíduos devem ser armazenados pela população devem estar à distância de 1m de árvores e a não menos do que 3m afastados dos galhos de árvores, bem como devem estar distantes, nas mesmas proporções de outros carrinhos e da rede elétrica.

As Estações de Transbordo recebem resíduos diretamente dos próprios moradores da região, que levam materiais como colchões, podas de jardim, metais e vidros. Cada material possui uma forma própria de armazenamento ao ser entregue no local. Também são deixados os resíduos da coleta municipal convencional, que ficam enclausurados, e o ambiente é umidificado, a fim de evitar incêndios.

Os resíduos orgânicos deixados na Estação de Triagem são destinados para a Usina de Compostagem. A compostagem segue procedimentos diferenciados, como: processo de compostagem acelerado, área ocupada é reduzida e menor custo energético porque não há peneiramento e moagem.

Quanto aos aterros sanitários, o aterro da cidade de Vancouver é dividido em 9 partes e seus platôs possuem 39 metros, está aproximadamente a 20km do centro da cidade, recebendo 44% dos resíduos da área metropolitana de Vancouver. Nesse Aterro, há um sistema de coleta de gases com a finalidade de evitar emissão de gases de efeito estufa e odores, que recolhe 600m³ de biogás por minuto (50% do metano gerado); o restante é queimado, gerando 5,55 MW de eletricidade e 100.000 GJ/ano de energia convertida em calor, o necessário para abastecer de 3.000 a 4.000 residências (POLZER, 2012, p. 84).

No Aterro de Vancouver há uma área destinada a compostagem, este aterro recebe

materiais não recolhidos pela coleta tradicional na cidade - como geladeira e gesso, entre outros. Esses materiais ficam armazenados em locais específicos. Os municípios também podem deixar seus resíduos tanto no aterro como na Estação de Transbordo, o que lhes for mais conveniente. Depois, alguns materiais são desmontados para que suas partes componentes sigam para um destino final adequado, como o metal existente nos colhões é destinado para indústrias que podem utilizá-lo com matéria-prima no seu processo produtivo.

O Incinerador está localizado em uma área industrial e comercial, recebe cerca de 266 mil toneladas de RSU/ano e gera 50 MW/hora de eletricidade. Os produtos gerados pelo Incinerador de Vancouver, são: 2.200 toneladas de água por dia - 60% reaproveitada e 40% vendida para uma fábrica de papel próxima ao incinerador; cinzas que são enviadas para uso na construção de estradas e cobertura de aterro sanitário; sucata metálica, que é vendida para empresas de reciclagem; além da própria geração de eletricidade.

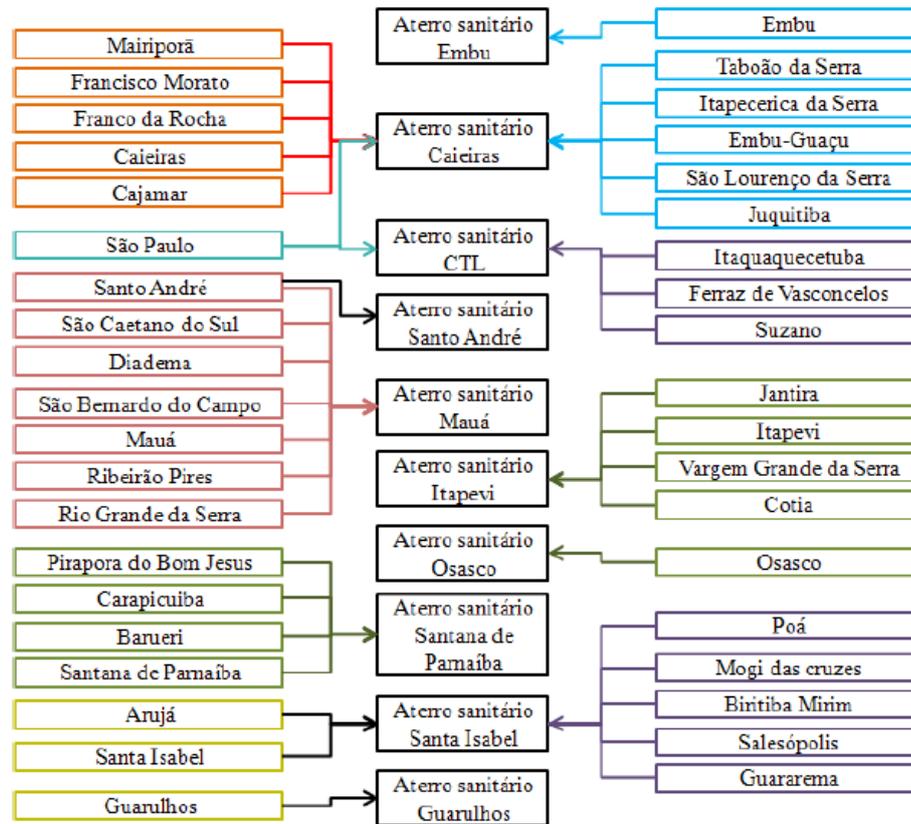
2.7.2 Caso nacional: Cidade de São Paulo (Brasil)⁴

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) possui 39 cidades, é dividida em sete sub-regiões. A cidade de São Paulo é responsável por 2/3 da origem dos resíduos sólidos na RMSP, que, por sua vez, possui limitação espacial com vistas à disposição final dos resíduos sólidos, pois 16 municípios da RMSP têm parte do seu território como Área de Proteção de Mananciais. A RMSP possui 10 Aterros Sanitários, tidos como destino final de RSU, sendo 1 inadequado (Osasco), 7 adequados e 2 são Aterros Controlados (Mauá e Embu).

Especialmente na cidade de São Paulo, visa-se atender a legislação dos resíduos, tanto do Plano Diretor Estratégico quanto do Estatuto da Cidade e cada um dos 39 municípios da RMSP possui uma rota previamente traçada para onde deve enviar seus RSU (ver Figura 12). Os municípios de Embu, Osasco e Guarulhos destinam seus RSU exclusivamente para aterros da própria localidade, os quais não recebem resíduos de outros municípios. De outro modo, alguns aterros recebem resíduos de vários municípios e apenas a cidade de São Paulo envia resíduos para mais de um aterro.

⁴ Os dados aqui apresentados foram obtidos de Polzer (2012).

Figura 12 - Fluxograma dos RSU na RMSP.



Fonte: Polzer (2012, p. 139).

Sobre a gestão dos resíduos sólidos, na cidade de São Paulo são gerados - em média - 17 mil ton/dia de resíduos: 10 mil são domiciliares e 7 mil são de saúde, restos de feiras, podas de árvores, entre outros (POLZER, 2012).

A Coleta é feita por duas concessionárias (EcoUrbis Ambiental e Loga), as quais atendem 11 milhões de pessoas, utilizando-se 492 caminhões (compactadores e específicos para resíduos do serviço de saúde), cada caminhão possui 1 motorista e 3 coletores.

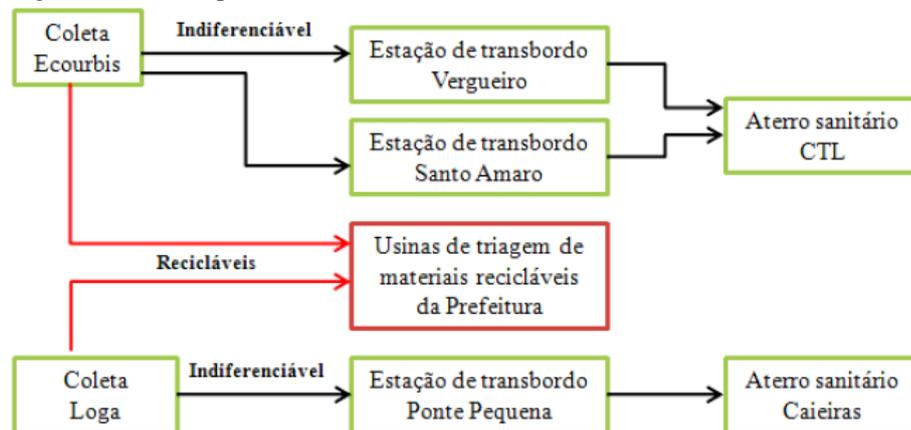
A EcoUrbis coleta resíduos orgânicos, recicláveis, resíduos comerciais e industriais, entulhos, terra bem acondicionada, resíduos domiciliares armazenados em contêineres de uso público e em condomínios residenciais e comerciais e utiliza um caminhão específico para coleta mecanizada. Há uma coleta diferenciada (porta a porta) de material reciclável e coleta seletiva (com a população entregando os resíduos recicláveis em Pontos de Entrega Voluntária - PEV). A coleta em comunidades é realizada por um morador da própria comunidade que deposita os resíduos em um contêiner, a ser recolhido por um caminhão. A coleta de animais mortos é feita por empresa subcontratada.

A Empresa Loga tem o papel de controle de aterros não inválidos, monitorar aterros desativados, topografias, infiltrações de águas pluviais, controle epidemiológico, podar

árvores, controle de fauna e flora. Ainda, coleta de resíduos especiais em contêineres em áreas de difícil acesso, sem que haja coleta porta a porta e a qualquer tempo. Para a coleta seletiva usa o mesmo carro da coleta normal, mas sem acionar o compactador. Para a coleta de resíduos de serviços de saúde utiliza veículos especiais.

O fluxo dos RSU na cidade de São Paulo, portanto, segue a partir da coleta primária para Estações de Transbordo (Vergueiro, Santo Amaro e Ponte Pequena) e Usinas de Triagem, tendo como destino final os Aterros Sanitários (Centro de Tratamento de Resíduos Leste - CLT e Caieiras). O CLT é operado pela EcoUrbis. Devido a alta demanda, 12 mil ton/dia de RSU da cidade de São Paulo são enviados para os aterros (privados) CDR Pedreira, em Guarulhos, e Aterro Caieiras, em Franco da Rocha (ver Figura 13).

Figura 13 - Fluxos parciais dos RSU na cidade de São Paulo.

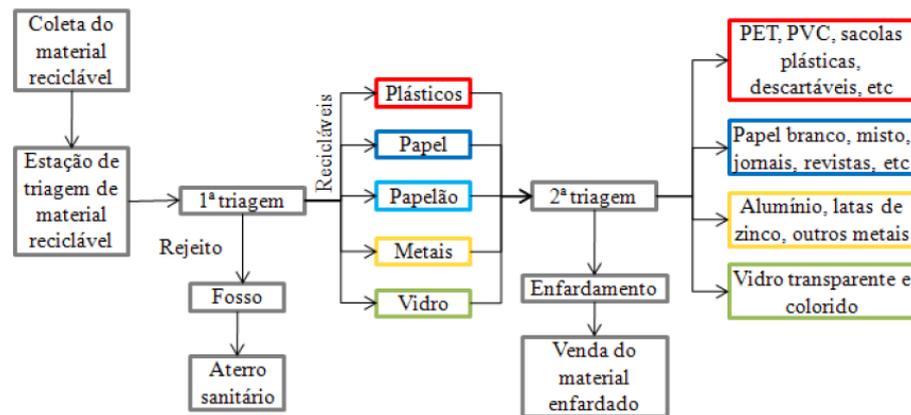


Fonte: Polzer (2012, p. 149).

A cidade de São Paulo conta com Estações de Transbordo em Vergueiro e Santo Antônio (utilizadas pela Ecourbis) e Ponte Pequena (utilizada pela Loga). A primeira recebe 4.218 ton/dia, a segunda 1.410 ton/dia e a última 2.225 ton/dia. Devido a sobrecarga da estação de Ponte Pequena, outra estação deverá ser construída até o final da concessão, em 2024. Uma outra estação, localizada em Itaitinga, é utilizada para materiais de demolição e construção, ditos inertes.

Sobre as Estações de Triagem, existem 20 na cidade de São Paulo, a Estação de Triagem de Resíduos da Coopere-Centro, cooperativa cadastrada na prefeitura da cidade de São Paulo para realizar a triagem dos resíduos recicláveis, possui em sua estrutura uma área de primeira triagem, área de segunda triagem e os recursos materiais desta estação são: 1 esteira pequena, 1 prensa para metais, 1 prensa para papelão e 1 balança. Existem 120 cooperados trabalhando, em dois turnos de trabalho (ver Figura 14).

Figura 14 - Fluxograma da estação de triagem de materiais recicláveis.

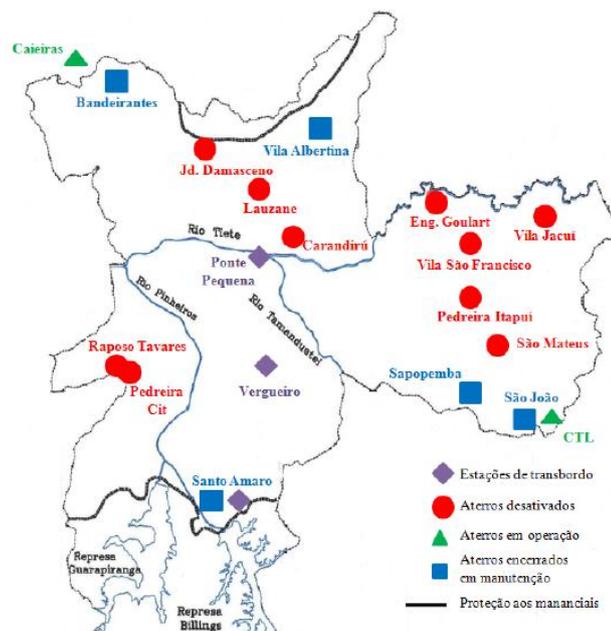


Fonte: Polzer (2012, p. 175)

A coleta seletiva na cidade de São Paulo ocorre por meio dos 3.811 Pontos de Entrega Voluntária (PEV), os quais receberam, materiais volumosos (66,8%) e entulhos (27,2%); recicláveis são apenas uma pequena parte (6%). Também, existem 56 Ecopontos “que recebem pequenos volumes de entulho (até 1 m³ por vez), móveis, poda de árvores e recicláveis”.

Existem 16 aterros sanitários na cidade de São Paulo: 10 encerrados, 5 em manutenção e 1 em operação (CLT). O Aterro de Caieiras, apesar de não estar situado na cidade de São Paulo recebe RSU daquela cidade. O Aterro Bandeirantes encontra-se desativado desde março de 2007 e o Aterro São João desde outubro de 2009 (ver Figura 15).

Figura 15 - Localização dos aterros sanitários no município de São Paulo.



Fonte: Polzer (2012, p. 154).

Os incineradores usados como destino final dos RSU, em São Paulo, estão desativados. Os incineradores existentes em Vergueiro e Ponte Nova não realizavam o bloqueio ou emissão de gases tóxicos nem geravam energia, apenas queimavam os resíduos. Contudo, para a incineração de animais mortos, a concessionária Loga subcontrata empresas (Silcon, Essencis, Pioneira e Delc) a fim de que estes resíduos não sejam destinados aos aterros sob perigo de contaminação do solo.

2.8 Considerações Finais

A premência da redução das emissões de gases antrópicos causadores do efeito estufa é imperativo no século XXI, porque há necessidade de mantermos as condições de vida na Terra, em detrimento de possíveis efeitos climáticos extremos (G7, 2015; FISCHER; KNUTTI, 2015; FROYLAND; STUDART; SENBILLE, 2014). Diante dessa ameaça, ressalta-se a oportunidade de inter-relacionarmos esse fenômeno global com uma contribuição municipal para a redução desses gases e minimização de problemas técnico-econômicos e logísticos no setor de RSU local.

Mesmo em âmbito regional, a complexidade do sistema de gestão dos RSU é configurada para atender a PNRS e necessidades técnicas, econômicas e logísticas locais. Assim, diante dessas várias dimensões, ressalta-se a importância do uso de metodologias de avaliação técnico-econômica e logística das UGERs, especialmente, diante da contraposição dos casos internacional (Grande Vancouver - Canadá) e nacional (São Paulo - Brasil).

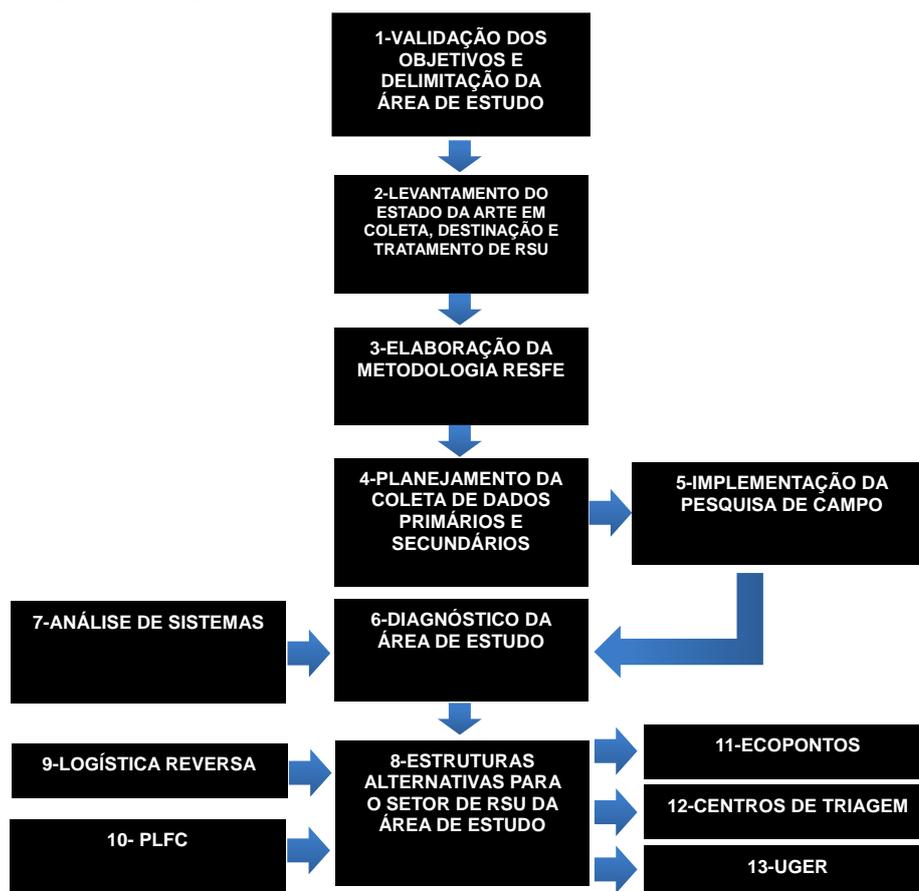
Onde, nesses casos, pode-se constatar distinções entre a geração de energia na Grande Vancouver e em São Paulo, o primeiro recolhendo biogás para gerar energia a fim de abastecer entre 3 e 4 mil pessoas e o segundo apresentando incineradores desativados e impróprios para geração de energia. Portanto, apesar da existência do planejamento dos fluxos na cadeia logística reversa em ambos os casos, os indicadores de eficiência logística para a cidade de São Paulo estão aquém do caso internacional, como: aterros com carga limite atingida; eficiência do espaço saturada e recursos materiais avariados em Estação de Transbordo; e, falta de segregação de resíduos na fonte geradora.

3 METODOLOGIA PROPOSTA (RESFE)

Este trabalho apresenta uma finalidade aplicada (APOLINÁRIO, 2006), pois busca contribuir com o gerenciamento dos resíduos sólidos na cidade de Juazeiro do Norte-Ce, notadamente com o trabalho da Autarquia Municipal do Meio Ambiente-AMAJU. A partir do conteúdo metodológico do Projeto RESURB (Estudo da Cadeia Produtiva de Resíduos para Geração de Renda e Energia) desenvolvido no Grupo de Estudo e Pesquisa em Infraestruturas de Transporte e Logística da Energia (GLEN/UFC) foi elaborado o diagrama da figura 20, onde é possível identificar as etapas da Metodologia RESFE - *Resíduo Sólidos para Fornecimento de Energia*, aplicada no presente estudo.

O desenho esquemático das etapas metodológicas objetiva contribuir para uma visão ampla de como ocorreu a consecução dos objetivos do estudo.

Figura 16 - Etapas metodológicas e embasamento teórico do Estudo.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.1 Descrição das Etapas da Metodologia

A primeira etapa da metodologia é a validação dos objetivos e delimitação da área de estudo. Por critério de conveniência, foi delimitada como a área de estudo a cidade de Juazeiro do Norte/CE, devido ao fácil acesso à Autarquia Municipal do Meio Ambiente (AMAJU/JN) que se dispôs a subsidiar o Estudo com informações já coligidas pelo Município e apoiar na implementação da pesquisa de campo. Esse apoio ocorreu na ocasião das palestras do projeto RESURB, em outubro de 2015. Observe-se que o setor de RSU da cidade em foco também recebe resíduos de outras localidades do município de Juazeiro do Norte, extrapolando o perímetro estrito da cidade.

Ainda nesta etapa, procedeu-se a definição do problema, hipótese e objetivos da pesquisa. Segundo Apolinário (2006, p. 75), os problemas de pesquisa atendem a uma tipologia, entre esses tipos: verificar a composição de um fenômeno, onde se pode perguntar, genericamente: “qual a estrutura ou a composição de X ?”

Este trabalho considera que “X” seja o sistema de coleta, transporte, destinação, tratamento e uso produtivo energético dos resíduos sólidos de Juazeiro do Norte-Ce. Os elementos componentes que se desejam diagnosticar referem-se aos aspectos técnicos, econômicos, logísticos e ambientais, com ênfase para os subsistemas de coleta, transporte e destinação. Com isso, levantou-se o problema de pesquisa com fito em elaborar uma estrutura metodológica de diagnóstico para esse sistema.

Esses elementos componentes estão fundamentados em Cartelle *et al.* (2015); Lima *et al.* (2013b); Souza *et al.* (2016); e GRS/UFPE (2014) que adotaram critérios institucionais, ambientais, sociais, econômicos e políticos. Ainda, combinaram essas terminologias considerando critérios técnico-funcionais, técnico-econômico e socioambiental, com isso, pesquisaram arranjos tecnológicos para geração de energia a partir dos RSU.

A escolha das 3 dimensões adequa-se a análise qualitativa: Análise de Sistemas: a adoção de diagnósticos sistêmicos de situações especializadas, leva em consideração o sistema total, então, julga-se adequado constituir uma simplificação do mundo real, ocorrido a partir das dimensões técnica-econômica, logística e ambiental (ANDRADE *et al.* , 2006).

Empreendeu-se o planejamento geral do trabalho de pesquisa, relacionando: tema, problema, hipótese, constructos, variáveis, indicadores e questões abordadas no questionário de pesquisa (Quadro 1). Complementarmente, a Tabela 2 apresenta os conceitos relativos aos constructos criados para o trabalho para orientar na elaboração das variáveis e indicadores (LAKATOS; MARCONI, 2004; APOLINÁRIO, 2006).

Quadro 1 - Plano geral do trabalho de pesquisa.

Tema	Problema	Hipótese	Constructos	Variáveis	Indicadores	Questões do questionário de pesquisa
Uma metodologia para avaliação de subsistemas de coleta, tratamento e destinação de resíduos urbanos: estudo de caso da cidade de Juazeiro do Norte, Ceará.	Qual estrutura metodológica pode ser concebida e aplicada para diagnosticar aspectos técnicos, econômicos, logísticos e ambientais de um sistema de coleta, transporte, destinação, tratamento e uso produtivo energético dos resíduos sólidos em uma área urbana?	Dada a incipiência da gestão do setor de resíduos sólidos urbanos na região Nordeste, é necessário e possível conceber e aplicar uma estrutura metodológica de diagnóstico técnico-econômica, logística e ambiental para avaliar os impactos decorrentes da coleta, destinação, tratamento e uso energético dos resíduos sólidos urbanos, com vistas a propor intervenções no setor dos RSU buscando um sistema de gestão mais compatível com o que reza a PNRS.	Avaliação técnico-econômica da cadeia logística reversa dos RSU	Técnico-econômica	Atores envolvidos, geração de emprego e renda, motivação.	Questões 1 a 6
			Logística reversa dos RSU	Logística	Equipamentos logísticos para coleta dos RSU, central de triagem, área de transbordo, UGER, processo logístico reverso.	Questões 7 a 48
			Avaliação ambiental da UGER	Ambiental	Desvio de resíduos do lixão e geração de energia a partir dos RSU, gravimetria	Questões 49 a 54

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 2 - Conceituação dos constructos adotada para finalidade específica deste trabalho.

Constructos	Conceito
Logística reversa	Equipamentos logísticos de coleta e reposição dos RSU como matéria-prima no processo produtivo do setor empresarial ou outra destinação final ambientalmente adequada.
Avaliação técnico-econômica da cadeia de comercialização dos RSU	Atores pertencentes a estrutura de mercado da cadeia logística dos RSU e suas condições de gerar emprego e renda.
Avaliação ambiental das UGERs	Condição técnica das UGERs para desviar os resíduos que seriam dirigidos para lixão e sua capacidade de gerar energia a partir dos RSU.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com o plano de variáveis definido, identificou-se o tipo de análise a ser empregada. Foi escolhida a Análise de Conteúdo e Emparelhamento. A partir do questionário, todas as variáveis foram classificadas como quantitativas e qualitativas; para estas últimas existem as opções de estatística possíveis para analisá-las: a frequência, a moda, a análise fatorial e a análise de variância. Vergara (2005) defende que técnicas qualitativas também são de uso possível, como emparelhamento (associando os resultados do questionário de pesquisa ao referencial teórico) e a construção interativa de uma explicação (realizada a partir do estabelecimento de relações entre as categorias).

Neste trabalho, optou-se pela Análise de Conteúdo com uma grade mista de categorias: adotou-se como grade fechada os modelos referenciados na literatura (ver anexo A): Lima *et al.* (2013b); Souza *et al.* (2016); GRS/UFPE (2014); e Cartelle *et al.* (2015) e grade aberta, optando por identificar outras categorias a partir dos resultados das entrevistas (BARDIN, 1977; VERGARA, 2005).

A Análise de Emparelhamento, conforme Laville; Dionne (1999), identificou-se a associação entre o referencial da PNRS, Lei 12.305/2010 e GRS/UFPE (2014) com os dados coletados na pesquisa de campo, depois relacionou-se esses referenciais ao caso a fim de obter interpretação adequada para o caso e sugerir políticas e ações. Justifica-se o uso da PNRS e da Lei 12.305/2010, devido suas diretrizes nacionais para os tipos de resíduos, a redução da geração desses resíduos e a redução do volume de resíduos encaminhados para aterros, a disposição final dos RSU, a gestão pública dos resíduos, a inclusão dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis na cadeia logística reversa dos RSU.

Ainda, o referencial da GRS/UFPE (2014) - apresenta uma avaliação das tecnologias de tratamento e disposição final dos RSU utilizadas no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão - foi adotado para determinar as rotas tecnológicas dos RSU, porque as proposições de GRS/UFPE (2014) foram adotadas para o Estado do Ceará no Plano Estadual de Resíduos Sólidos, exatamente para definição das rotas tecnológicas (CEARÁ, 2016).

O Plano Estadual de Resíduos Sólidos apresenta quatro opções de rotas tecnológicas para disposição dos RSU. A partir do número de habitantes em dada região são indicados certos equipamentos logísticos (como incineradores, meios de transporte e centrais de triagem) ao longo da cadeia logística reversa para dispor adequadamente os RSU.

A segunda etapa metodológica - Levantamento do estado da arte em coleta, destinação e tratamento de RSU - ocorreu com a participação do autor no ciclo de palestras do Projeto RESURB (ver anexo C). Nessa etapa foram coletados documentos que puderam subsidiar a etapa seguinte, referente à elaboração da metodologia RESFE.

A etapa três - Elaboração da Metodologia - diz respeito ao processo de concepção e detalhamento do diagrama esquemático das etapas metodológicas, como um conjunto de procedimentos a serem seguidos no intuito de responder ao problema de pesquisa e viabilizar a consecução dos objetivos pretendidos. Segundo Booth, Colomb e Williams (2005), a visualização das informações é um recurso para retenção, compreensão e absorção dessas informações. Conforme aqueles autores, ilustrar as relações lógicas com uso de matrizes e diagramas é um recurso apropriado para exposição de informações complexas.

A etapa quatro - Planejamento da coleta de dados primários e secundários - envolveu a elaboração do questionário de pesquisa semiestruturado (Apêndice A), que instrumentalizou o levantamento de dados referentes ao Diagnóstico da Área de Estudo (Etapa 6) e Logística Reversa (Etapa 9), levantando informações a respeito dos equipamentos de coleta, ecopontos (Etapa 11), meios de transporte, central de triagem (Etapa 12), área de transbordo e UGERs (Etapa 13) e localização dos ecopontos (Etapa 10).

O questionário também contém perguntas referentes ao aspecto técnico-econômico - sobre catadores, associações, cooperativas, atravessadores, empresas de reciclagem existentes na cidade e, ainda, a geração de emprego e renda dos catadores. O aspecto ambiental foi abordado com questionamentos relativos ao envio de resíduos ao Lixão da cidade de Juazeiro do Norte e o uso produtivo da energia a partir dos RSU.

As perguntas foram do tipo abertas e fechadas, versaram sobre: a gravimetria dos resíduos gerados; infraestrutura disponível para disposição final dos resíduos; formas de tratamento e coleta pública; tipos de transporte utilizados e os respectivos gastos; agentes envolvidos com a cadeia logística dos resíduos; impactos ambientais e de saúde pública decorrentes do manuseio dos resíduos; e políticas de informação e conscientização da população, bem como desafios da gestão municipal.

A quinta etapa - Implementação da pesquisa de campo - ocorreu em abril de 2016, na cidade de Juazeiro do Norte, tendo como respondentes de pesquisa colaboradores da

Autarquia Municipal do Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU), Associação de Catadores Engenho do Lixo, bem como catadores organizados no lixão da cidade de Juazeiro do Norte e um atravessador que exerce suas atividades neste lixão.

Todas as entrevistas foram gravadas com autorização dos respondentes e totalizaram duas horas e vinte e cinco minutos. Foi realizada a transcrição das entrevistas a fim de ser realizada a Análise de Conteúdo e Emparelhamento.

Na sexta etapa - Diagnóstico da área de estudo - os dados primários coletados foram enriquecidos com os dados secundários obtidos a partir de fontes oficiais, como IPECE (2014), IBGE (2010), Ministério da Saúde, Plano Diretor do Município e legislações municipais.

Com isso, procedeu-se à sétima etapa - Análise de Sistemas - a fim de se compreender os sistemas que estão envolvidos no processo de coleta, transporte, destinação e uso energético dos RSU da cidade de Juazeiro do Norte-Ce e suas interfaces. Este procedimento fundamenta a etapa seguinte da metodologia.

A oitava etapa - Estruturas alternativas para o setor de RSU da área de estudo - foi realizada a partir de conceitos da Análise de Conteúdo usando-se as transcrições, com identificação de expressões declaradas pelos entrevistados para que, concomitante a isso, fosse realizada comparação com a grade fechada, segundo os modelos de Souza *et al.* (2016); GRS/UFPE (2014) e Cartelle *et al.* (2015) e acrescentadas, possivelmente, novas categorias a grade.

Com os resultados, os dados foram para Análise de Emparelhamento, onde se pode determinar - especialmente, à luz da PNRS, Lei 12.305/2010, GRS/UFPE (2014) e Plano Estadual de Resíduos Sólidos - as rotas tecnológicas para a cadeia logística reversa dos RSU recicláveis no município (Etapa 9) e a UGER (Etapa 13). Na análise de cenários, à luz do PLFC (Etapa 10), foram propostas estruturas logísticas alternativas ao estado atual, que resultou na determinação do uso de ecopontos, bem como a proposição de políticas que aproximem o caso em estudo do modelo de referência.

Especificamente na Etapa 10, empregou-se a integração da análise qualitativa a quantitativa (GOLDENBERG, 2004): quantitativamente, foram determinados os cenários de menor custo de transporte de resíduos a partir da localização dos ecopontos e qualitativamente, a descrição dos cenários foi complementada com as rotas tecnológicas, onde os resíduos gerados devem ser coletados pelo poder público, com auxílio dos catadores, e ser dirigido aos ecopontos; destes pontos devem ser dirigidos a uma UGER.

4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA À CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE-CE

O presente capítulo descreve a área de estudo, o gerenciamento dos RSU na cidade de Juazeiro do Norte e desafios futuros para o poder público; por fim, apresenta os resultados da aplicação da Metodologia RESFE.

4.1 Caracterização da área de estudo

A cidade de Juazeiro do Norte está localizado ao sul do Estado do Ceará, distante 396 km da capital Fortaleza e tem como municípios limítrofes: Caririaçu, Crato, Barbalha e Missão Velha. Aquele município está assentado na Chapada do Araripe e Depressões Sertanejas, tem clima quente semitropical, seu solo é tido como aluvial e podzólico vermelho-amarelo, com floresta caducifólia e espinhosa (IPECE, 2014).

O município possui área total de 248,55 km², a organização do território de Juazeiro do Norte está definida conforme a Lei nº 2.569/2000, que dispõe sobre os limites da zona urbana em 37 Unidades de Vizinhança (UVs): Cajubar, Multirão, Multirão II, Jardim Gonzaga, São José, São José II, Antônio Vieira, Salesianos, Socorro, Centro, Juvêncio Santana, Carité, Pedrinhas, Aeroporto, Limoeiro II, Novo Juazeiro, Bertolândia, Bertolândia II, Planalto, Lagoa Seca, João Cabral, Romeirão, Triângulo, Santa Tereza, Franciscanos, São Miguel, Pio XII, Pirajá, Pirajá II, Pirajá III, Timbaúba, Timbaúba II, Limoeiro, Leandro Bezerra, José Gerardo da Cruz, Tiradentes e Horto (JUAZEIRO DO NORTE, 2000b).

Conforme Juazeiro do Norte (2000a), o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Juazeiro do Norte apresenta uma divisão de uso e ocupação do solo em quatro zonas:

- a) a Zona Residencial 1 (ZR₁) tem densidade de 40 hab/ha e é estabelecida para possibilitar a existência de casas de maior porte em lotes de, no mínimo, 800 m²;
- b) a Zona Residencial 2 (ZR₂) constitui uma zona de baixa densidade, com 100 hab/ha, possibilitando a edificação de moradias utilizadas pela maioria da população da cidade de Juazeiro do Norte;
- c) a Zona Residencial 3 (ZR₃) constitui uma zona de média densidade, com 250 hab/ha, possibilitando a edificação de moradias utilizadas pela população de mais baixa renda da cidade;

- d) a Zona Residencial 4 (ZR₄) constitui-se de uma zona de alta densidade, com 500 hab/ha e de uso misto, possibilitando a edificação de prédios de até quatro pavimentos, conforme Anexo III da Lei de Uso e Ocupação do Solo que respalda o Plano Diretor.

Segundo a Lei nº 2.569/2000, as UVs estão planejadas para abrigar de 7.000 a 15.000 habitantes, com uma área central onde se localizam as atividades de comércio e prestação de serviços. Para o desenvolvimento dessas comunidades, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Juazeiro do Norte contempla a exigência de uma infraestrutura básica e serviços públicos para “criar alternativa adequada para destinação final do lixo, através de sistemas mistos de aterros sanitários controlados e implantação gradativa de coleta seletiva e reciclagem de materiais”.

A definição de infraestrutura trazida no art. 64 do Plano Diretor da cidade, no tocante ao planejamento dos RSU, trata da coleta e destinação final dos resíduos:

São as instalações de equipamentos urbanos destinados à prestação de serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, energia elétrica, coleta de águas pluviais, telefonia, coleta e destino final de lixo, transporte e vias de circulação, pavimentadas ou não (JUAZEIRO DO NORTE, 2000).

Conforme a Lei Complementar nº 10/2006, a cidade de Juazeiro do Norte normatizou algumas ações de interesse local no seu Código de Posturas, quanto à coleta de lixo domiciliar: é de responsabilidade da Prefeitura prover esse serviço, que pode administrá-lo por meio de uma administração direta ou indireta (JUZEIRO DO NORTE, 2006). Esta Lei veda o lançamento de resíduos e águas servidas nas residências e estabelecimentos na rua, em espaços públicos ou privados. Profissionais ambulantes e feirantes, portanto, devem dispor os resíduos advindos das vendas em recipientes próprios; já os resíduos domiciliares, esta mesma legislação rege que devem ser armazenados em recipientes fechados e colocados para coleta pública de acordo com a programação estabelecida.

Os resíduos da indústria, da construção, entulhos de demolição, serradura, excrementos, forragens de coqueiras e estábulos, animais mortos e outros especiais devem ser atendidos pela Prefeitura por meio de demanda da unidade geradora, mediante pagamento de tarifa. A legislação obriga que loteamentos e lotes isolados ainda não construídos sejam livres de mato, água estagnada e resíduos.

A população total de Juazeiro do Norte foi estimada, para 2015, em 266.022 mil habitantes (Tabela 3) e considerada a maior da Região Metropolitana do Cariri. Conforme a Tabela 4, estratificando-se a região por tipos de domicílios existentes, totalizam 69.151 - entre casas, apartamentos, casas de vilas ou condomínios e habitações em casa de cômodos, cortiço ou cabeça de porco (IBGE, 2010).

Tabela 3 - População municipal de 2010 e população estimada para 2015.

Região Metropolitana do Cariri - CE	2010	2015*
Barbalha	55.323	58.855
Caririáçu	26.393	26.858
Crato	121.428	128.680
Farias Brito	19.007	18.861
Jardim	26.688	27.072
Juazeiro do Norte	249.939	266.022
Missão Velha	34.274	35.240
Nova Olinda	14.256	15.181
Santana do Cariri	17.170	17.468
TOTAL	564.478	594.237

Fonte: IBGE (2010).

Nota: *Fonte: IBGE. Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS.

Tabela 4 - Domicílios particulares permanentes em Juazeiro do Norte-Ce, por tipo do domicílio (2010).

Tipo de domicílio	Quantidade
Casa	67.537
Casa de vila ou em condomínio	504
Apartamento	1.050
Habitação em casa de cômodos, cortiço ou cabeça de porco	60
Oca ou maloca	-
Total	69.151

Fonte: IBGE (2010).

A quantidade de empregos formais gerados na região de Juazeiro do Norte, em 2013, totalizou 45.761 (cerca de 19% da população), com destaque para as atividades de serviços, comércio e indústria de transformação que detém o maior quantitativo de postos de trabalho (ver Tabela 5). E a renda média domiciliar *per capita* por ano (anos de 1991, 2000, 2010) foi de R\$ 314,61, a segunda maior renda da Região Metropolitana do Cariri (Tabela 6).

Tabela 5 - Número de empregos formais gerados em Juazeiro do Norte-Ce (2013).

Tipos de Atividades	Quantidade		
	Masculino	Feminino	Total
Serviços	7.132	6.534	13.666
Comércio	7.597	5.611	13.208
Indústria de transformação	6.890	3.455	10.345
Administração pública	2.188	4.660	6.848
Construção civil	1.333	141	1.474
Serviços industriais de utilidade pública	158	35	193
Agropecuária	16	3	19
Extrativa mineral	7	1	8
Total de atividades	25.321	20.440	45.761

Fonte: IPECE (2014).

Tabela 6 - Renda Média Domiciliar *per capita* por Ano, segundo Municípios - 1991, 2000, 2010 (R\$).

Região Metropolitana do Cariri - CE	1991	2000	2010	Total
Crato	184,88	330,36	459,98	341,24
Juazeiro do Norte	172,26	289,57	433,27	314,61
Barbalha	121,19	228,46	361,63	252,98
Missão Velha	86,58	190,82	292,58	196,10
Nova Olinda	73,5	181,05	267,63	181,81
Farias Brito	76,68	143,45	227,42	152,12
Jardim	74,3	129,72	240,02	151,11
Caririaçu	60,52	123,1	241,49	149,39
Santana do Cariri	78,24	115,39	210,64	137,34
Total	143,00	254,15	387,29	274,46

Fonte: Ministério da Saúde/DATASUS.

Nota: O salário mínimo do último ano para o qual a série está sendo calculada torna-se a referência para toda a série. Esse valor é corrigido para todos com base no INPC de julho de 2010, alterando o valor da linha de pobreza e, conseqüentemente, a proporção de pobres. Nesta tabela, o valor de referência, salário mínimo de 2010, é de R\$ 510,00.

Segundo IPECE (2014), o quantitativo de empresas comerciais varejistas na cidade ganha destaque (5.418) diante do comércio atacadista (104) e de representação (12). As indústrias ativas na cidade, em 2013, eram 1.428, com destaque para indústria de transformação (1.325), seguida pela construção civil (99), extrativista mineral (3) e de utilidade pública (1).

Quanto ao consumo de energia elétrica na região, em 2013, foi consumido o total de 309.366 MWH. Pode-se salientar que o consumo residencial, comercial e público representa cerca de 83% do consumo total de energia na cidade, com ênfase para o setor residencial, que representou 42% do consumo no município (ver Tabela 7).

Tabela 7 - Consumo e consumidores de energia elétrica (2013)

Tipo	Consumidores	Consumo (MWH)
Residencial	85.010	130.213
Comercial	6.043	78.512
Público	683	46.835
Industrial	285	46.342
Rural	2.336	7.108
Próprio	4	356
Total	94.361	309.366

Fonte: IPECE (2014)

4.2 Setor de gerenciamento de resíduos na área de estudo

Nesta seção, estão relatados os resultados das entrevistas realizadas e observações feitas a partir do questionário de pesquisa aplicado aos catadores do lixão da Palmeirinha, a um atravessador que exerce suas atividades no lixão, na Autarquia Municipal do Meio Ambiente de Juazeiro do Norte-Ce (AMAJU) e na Associação Engenho do Lixo.

a) Coleta

A coleta de resíduos domiciliares na cidade de Juazeiro do Norte ocorre de modo segmentado, por Zona Geradora de Lixo (ZGL). Na cidade existem oito zonas; em algumas, a coleta é diária nos dois turnos do dia; em outras, a coleta é diária em um turno. Há, também, coleta em dias alternados e em um turno; e a coleta em dias específicos, também realizada em um turno do dia.

A prefeitura de Juazeiro do Norte paga, aproximadamente, R\$ R\$1.500.000,00/mês à empresa terceirizada Proex pela coleta dos resíduos municipais. Após a realização da coleta, todo material coletado, indistintamente, é destinado pela empresa ao lixão da cidade, chamado Lixão da Palmeirinha, que fica às margens da CE-060, perto da Vila Padre Cícero. Não há um galpão de triagem, nem no lixão. Essa atividade de realizar a triagem dos resíduos, é feita pelos catadores no próprio Lixão.

Apesar do estabelecimento das ZGLs, há necessidade de gerenciar algumas particularidades na cidade, como as existentes na indústria de transformação. Na produção de tintas, vernizes e esmaltes, algumas indústrias usam exaustores que lançam no ar pigmentos que são depositados em local ainda desconhecido. Outra particularidade está na fabricação de artefatos de joalheira e ourivesaria. Devido à disposição indevida de resíduos desta indústria,

com a presença de cianeto, houve a constatação do fato da morte de gado pela alta concentração de cianeto por ele ingerida.

Para o gerenciamento dos resíduos na cidade, a AMAJU planeja atualmente trabalhar com ações sucessivas, inicialmente observando a problemática estabelecida em cada elo da cadeia logística reversa dos resíduos na cidade a fim de propor soluções de curto prazo que busquem mitigar os impactos causados pela falta de estruturação da cadeia reversa na cidade.

Depois, a AMAJU pretende estruturar a cadeia logística reversa dos resíduos para solucionar a má disposição dos RSU da cidade, como os resíduos da construção civil. Atualmente, a cidade não possui um sistema de coleta especial para este material. Contudo, a Proex, que é a empresa terceirizada para realizar a limpeza urbana, realiza a coleta deste resíduo quando em pequenas quantidades e de forma por ela determinada. Neste sentido, a AMAJU pretende criar uma cadeia de fiscalização e monitoramento ambiental para controle deste resíduo; além disso, há a pretensão de enviar parte do resíduo de construção para o ecoponto destinado à coleta de resíduos domésticos, que receberá materiais como: óleo de cozinha, papel, papelão, caixas de leite e plásticos em geral.

Atualmente, essa cadeia de fiscalização tem como atual foco: fiscalização da emissão de gases na atmosfera, lançamento de resíduos nos efluentes e a geração dos resíduos na cidade. Os veículos automotores, por exemplo, são alvo da fiscalização quanto à emissão de fumaça negra; a emissão de gases das chaminés das fábricas e indústrias da cidade também são alvo da fiscalização, bem como a produção de gases provenientes de qualquer tipo de combustão.

Outra frente de ação é a estruturação de uma cadeia de comercialização para alguns produtos na cidade. Por exemplo, o EVA é um material existente na cidade, pode ser reciclável. Entretanto, os catadores não o comercializam porque em Juazeiro do Norte ainda não há demanda para esse tipo de material, apesar de haver empresas de calçados que poderiam requerer esse material para insumo no seu processo produtivo.

Os pneus inservíveis também não entram na cadeia de comercialização na cidade. A AMAJU provê, como ação emergencial e provisória, a coleta desse material nas vias públicas e borracharias a fim de retirar da cidade um potencial vetor de doenças, além de reduzir a sua destinação inadequada para o lixão da cidade. Quinzenalmente, são providenciadas carretas para destinar os pneus para cidades que possam aproveitá-los após reciclados, como é o caso da indústria cimenteira na Bahia, que utiliza o material reciclado na

etapa de incineração. São em torno de 70 toneladas de pneus que deixam a cidade de Juazeiro do Norte quinzenalmente em duas carretas.

a.1) Catadores e Associações

Outra ação, que busca impacto imediato, é a realização de políticas transversais de apoio aos catadores e que, ao mesmo tempo, contribuem para a melhoria da sua qualidade de vida, geração de emprego e renda. Como ações de melhoria das condições de saúde realizadas pela Secretaria de Saúde municipal, juntamente com o Centro Regional de Saúde do Trabalhador (CEREST), a Central de Assistência Farmacêutica (CAF), o Centro de Infectologia, setor de Tuberculose e Hanseníase do Centro de Zoonoses da cidade.

Atualmente, considera-se que a renda do catador avulso e, mesmo, dos catadores associados é muito baixa; por outro lado, é mais alta a renda dos catadores que exercem atividades como deposeiros e os catadores avulsos do Lixão da Palmeirinha. Estima-se que os deposeiros que recebem resíduos recicláveis diretamente vindos do lixão cheguem a obter renda de R\$ 5 mil/mês; já o catador (chamado de pequeno produtor) com atividade no Lixão da Palmeirinha, tem sua renda estimada em R\$1.800 mil/mês.

Conforme Resolução da COEMA (Coema, 2016), os deposeiros - que são atravessadores que recebem o material reciclável diretamente dos catadores, entre outros atores classificados como de coleta, transporte, armazenamento, tratamento de resíduos sólidos e produtos - estão sujeitos ao licenciamento ambiental simplificado feito pela prefeitura.

Quanto às associações de catadores existentes na cidade (Associação Engenho do Lixo, Associação de Catadores e Catadoras de Juazeiro do Norte - ACCJ e catadores organizados no Lixão da Palmeirinha), o poder público contribui para suas atividades, por exemplo, pagando o aluguel de um galpão e o aluguel de um caminhão utilizado para o transporte dos resíduos. Também, legislando em favor da classe dos catadores: há proposição de uma legislação municipal para que órgãos os públicos realizem coleta seletiva em suas instalações e doem esse material para as associações.

Segundo a Associação Engenho do Lixo, o aluguel mensal do galpão, pago com recursos próprios, é R\$ 880,00. O poder público contribui diretamente com o pagamento do aluguel do caminhão, correspondendo ao valor mensal de R\$ 3.000,00.

A mencionada Associação recebe entre 40 e 50 mil kg/mês de resíduos para reciclagem. Entre os materiais por ela comercializados estão: alumínio (20 a 40 kg/mês), PET (100 a 200 kg/mês), plástico filme (em torno de 300 kg/mês), plástico cadeira (50 a 100 kg/mês). O volume coletado de vidro pode chegar a 20 mil kg/trimestre, apesar da associação não vender este material em Juazeiro do Norte e ter que vender ou doar para pessoas ou instituições em outras localidades. Os catadores são, por vezes, obrigados a coletar este resíduo nas empresas caso queiram também coletar outros tipos de resíduos que estejam disponíveis e de seu interesse. Portanto, o vidro fica acumulado no galpão da Associação por um período de tempo indeterminado.

Segundo a Associação Engenho do Lixo, a variação nos volumes de resíduos coletados ocorre, em grande parte, devido à sazonalidade da oferta de algumas empresas que costumemente dispõem os materiais mas, em certos momentos do ano, não dispõem no mesmo volume.

Para custear as despesas da associação, a obtenção de material reciclável é fundamental; para tanto, a partir da realização de projetos com as faculdades locais - como a Universidade Federal do Cariri (UFCA) - os associados utilizam o argumento de que participam de trabalhos com alunos da UFCA para demonstrar a importância do seu trabalho de catador para gestores de empresas locais, que poderiam passar a doar seus resíduos, mas que, atualmente, não o fazem. Este é um trabalho de conscientização realizado pela Associação a fim de obter mais materiais recicláveis das empresas.

Como exemplo de projeto que os catadores participam, inclusive catadores ligados ou não a alguma associação, pode-se citar o trabalho feito com a Caritas, registrando, formalizando e dando assistência técnica.

Para realização da coleta, a Associação Engenho do Lixo dispõe de um caminhão para deslocamentos de materiais em grande volume e dois carros de mão para realizar a coleta diária nas ruas. Entretanto, em certas ocasiões o caminhão não é utilizado, como foi o caso da coleta de 20 mil kg de ferro doado por uma empresa na cidade de Salgueiro-Pe, no qual a associação preferiu pagar um frete de R\$ 1000,00.

A rota de coleta nas ruas é feita pelo próprio catador, sem orientação prévia da Associação Engenho do Lixo, e objetiva atender os bairros Santa Tereza, Santo Antônio e Parque Antônio Vieira. Foi, ainda, informado que existem locais que o catador não atende, por razões não declaradas.

Na estrutura de mercado em que se encontra a associação, existem os atravessadores (ou deposeiros) que dispõem de maior volume de material reciclável do que as associações; isto se torna uma força importante para a venda dos produtos já que a negociação para venda de materiais recicláveis, muitas vezes, ocorre a partir da oferta de um grande volume de material, pois o valor unitário pago pelo cliente será menor.

A Associação Engenho do Lixo pretende fazer uma rede de catadores para acumular grande volume de materiais recicláveis a fim de vender diretamente para indústria e competir com o deposeiro. Já foram feitas reuniões entre cinco associações (três associações de Juazeiro do Norte, uma associação no Crato-Ce e uma em Barbalha-Ce) para que se unam no ato da venda dos produtos e tenham escala suficiente de volume de materiais. O local de armazenamento dos produtos ainda permanecerá em cada uma das cinco associações, ficando sob responsabilidade do comprador a coleta do material em cada uma das associações. A associação sediada em Nova Olinda-Pe, por estar mais distante das outras cinco, não participa dessas reuniões.

Um dos empecilhos para congregar catadores avulsos a participar das associações é o receio em ter que contribuir para o pagamento das despesas - como aluguel, água e luz. Um catador que obtém renda média mensal entre R\$ 200 e R\$ 300, segundo a Associação Engenho do Lixo, tem receio em não aumentar sua renda ao ingressar em uma associação e ainda ter que utilizar sua receita para pagamento de despesas administrativas.

Além dos deposeiros, o projeto ECOELCE é considerado prejudicial à classe dos catadores pois, a partir dos pontos instalados deste projeto, os materiais recicláveis que poderiam ter como destino uma associação de catadores são encaminhados para a iniciativa privada. Com isso, fica reduzido o volume de materiais que poderiam gerar receitas para uma associação de catadores.

b) Ecopontos

O planejamento dos ecopontos também é realizado pela AMAJU. Deverão ser projetados para atender aos munícipes que desejam entregar pessoalmente seus recicláveis e carroceiros que realizam a coleta seletiva e querem vender seu material. Cada ecoponto vai ser administrado de forma compartilhada entre município e associação de catadores; como são três associações de catadores na cidade de Juazeiro do Norte, cada uma será responsável por um ecoponto.

O trabalho de gestão compartilhada nos ecopontos objetiva aumentar a capacidade produtiva das associações, que consiste em armazenar o máximo de resíduos para dispô-los para venda; conseqüentemente, busca aumentar a renda obtida com a venda em grandes quantidades, alcançando, com isto, outro eixo das políticas transversais defendidas pela AMAJU. O poder público capacita os entes envolvidos para realizar uma boa gestão dos ecopontos, sob o ponto de vista estrutural, para preservar os equipamentos lá presentes e, sob o ponto de vista administrativo, organizando o processo produtivo e as vendas realizadas.

Podas de árvores também serão recebidas nos ecopontos. Ao recebê-las, este material será triturado e armazenado, ficando disponível para venda, por exemplo, para o biodigestor a ser instalado na cidade. Ou pode chegar em forma de briquete nas indústrias que requeiram a substituição da lenha, como a cerâmica, para abastecer seus fornos. Cidades como Crato, que fazem fronteira a leste com Juazeiro do Norte e sediam empresas cerâmicas, poderiam fazer parte dessa cadeia de comercialização.

Quanto ao resíduo eletroeletrônico (REE) da cidade - como computadores e rádios - o Projeto Juazeiro Ambiental, sediado na garagem de uma usina desativada (Usina Zé Bezerra), na rua do Seminário, tem tido a responsabilidade de realizar a coleta desse material nas vias públicas, órgãos públicos e em empresas privadas. O material fica armazenado naquele local a fim de desviar o seu destino, sobretudo, do lixão da cidade (lixão da Palmeirinha); em seguida, esses materiais serão destinados para o beneficiamento fora da cidade.

A partir do Projeto de Ecopontos para Juazeiro do Norte (ELISA; CASTRO, 2015), foi estimada a média de geração de resíduos que um ecoponto deve receber, que foi de 21.250 kg/dia. A matéria orgânica é o item de maior participação (51%) na composição da cesta de produtos a serem recebidos no ecoponto, seguido de materiais recicláveis, como o plástico filme e plástico rígido, papel, papelão, tetrapark, metais e vidro (veja Quadro 2).

Quadro 2 - Estimativa de resíduos recicláveis por ecoponto (2015)

Materiais	Média de resíduos (kg/dia)	Participação (%)
Matéria orgânica	10.922,50	51%
Recicláveis*	6.778,75	32%
Outros	3.548,75	17%
Total	21.250,00	100%
Recicláveis*	Média de resíduos (kg/dia)	Participação (%)
Plástico total**	2.868,75	42%
Papel, papelão e tetrapark	2.783,75	41%

Metais	616,25	9%
Vidro	510,00	8%
Total	6.778,75	100%
Plástico total**	Média de resíduos (kg/dia)	Participação (%)
Plástico filme	1.891,25	66%
Plástico rígido	977,50	34%
Total	2.868,75	100%

Fonte: Projetos de Ecopontos para Juazeiro do Norte (2015)

A fim de minorar os males causados pelo descarte inadequado desses resíduos e atender a legislação vigente, foram estabelecidas metas para sua recuperação. Quanto aos Resíduos Domésticos Secos (RDS), entre 2015 e 2032, pretende-se recuperar até 50%. Especificamente para a recuperação do material orgânico, o Projeto prevê como meta recuperar, no mesmo horizonte de tempo, até 10% de todo este resíduo gerado no município.

Os ecopontos, ainda conforme o Projeto, são tidos como pontos gratuitos de entrega voluntária de resíduos e objetivam dar uma destinação final adequada bem como recuperar os resíduos recebidos. Para consecução destes objetivos do Projeto, os atores envolvidos, são: Prefeitura de Juazeiro do Norte, Governo do Estado (Secretaria das Cidades/IDECI), CAGECE, cooperativas de catadores e a população.

O Projeto ainda prevê seu financiamento pela Prefeitura, a quem incumbirá de cadastrar os usuários do ecoponto, coordene a gestão compartilhada do ecoponto e assuma o custeio das atividades (água, energia elétrica, telefone, manutenção, entre outros) bem como a busca de novas parceiras.

O Governo do Estado tem o papel de desenvolver o projeto, fazer articulação institucional, apoio técnico e financiamento. Os geradores de resíduos terão o papel de segregar, de modo adequado, os resíduos que geram e entregar voluntariamente os resíduos no ecoponto, além de dispor-se para cadastro e participar ativamente do projeto como parceiro.

O planejamento para localização dos ecopontos determinou os bairros de Santo Antônio, Lagoa Seca e Novo Juazeiro como pontos primários para entrega voluntária dos resíduos. Essas localidades privilegiariam os carroceiros, que não se deslocariam somente para o Lixão da Palmeirinha para destinar os resíduos mas teriam outros pontos na cidade que receberiam os materiais coletados.

Em uma visão panorâmica de Juazeiro do Norte, observa-se que os ecopontos localizam-se nos limites urbanos da cidade e atendem a um raio de 2 km (Figura 17).

Figura 17 - Visão panorâmica da localização dos ecopontos em Juazeiro do Norte-Ce.

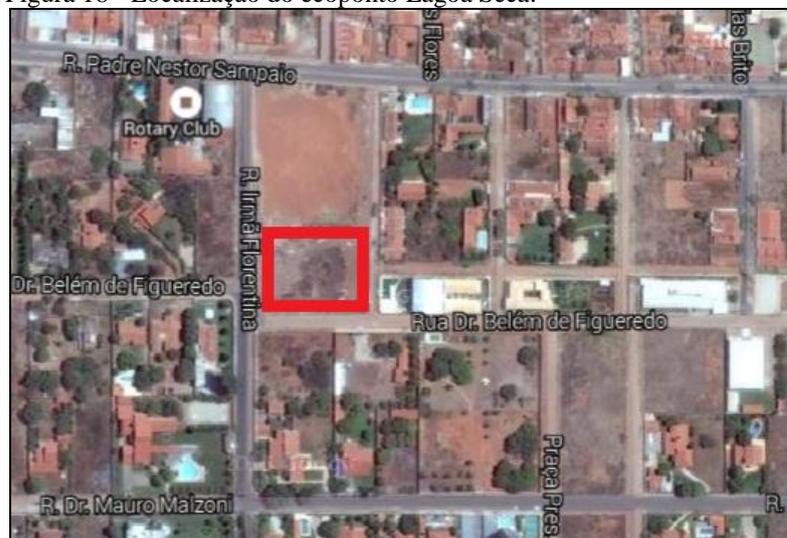


Fonte: Elaborado pelo Autor.

OBS: SA – ecoponto Santo Antônio; NJ – ecoponto Novo Juazeiro; LS – ecoponto Lagoa Seca.

O terreno do ecoponto Lagoa Seca fica no bairro de mesmo nome, nas esquinas das ruas Irmã Florentina e Dr. Belém de Figueiredo, dispondo de 80 m x 50 m de espaço para construções (Figura 18).

Figura 18 - Localização do ecoponto Lagoa Seca.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O ecoponto de Santo Antônio está localizado na esquina das ruas Monsenhor Lima e Professora Maria Pedrina, no bairro de Santo Antônio, dispondo de uma área total para construção das instalações de 45,50 m x 94,30 m (Figura 19).

Figura 19 - Localização do ecoponto Santo Antônio.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Por fim, o ecoponto de Novo Juazeiro foi localizado entre as Avenidas Castelo Branco e Antônio Sales, e entre as ruas Fiscal João Pereira da Silva e Cícero Agostinho Militão, dispondo de 50m x 100m para as construções (Figura 20).

Figura 20 - Localização do ecoponto Novo Juazeiro.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Além de já localizados na cidade, os ecopontos estão com as matrículas dos imóveis regularizadas e os projetos arquitetônicos prontos. Do Projeto ainda consta um plano para alocar pessoas por funções. Esta vertente do Projeto pretende gerar emprego e renda para as famílias, inserindo-as na cadeia logística reversa da coleta seletiva e triagem dos materiais recicláveis. Isto enquadra a cidade de Juazeiro do Norte nas exigências da PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Para cada ecoponto deve ser alocado, pelo menos, cinco funções distintas: coletores de rua, triadores, retriadores, enfardadores e encarregados. A lotação dos ecopontos foi planejada para o período de 2015 a 2032 (Tabela 8).

Tabela 8 - Número de pessoas alocadas por função para um ecoponto.

Funções	2015-2016	2017-2020	2021-2032
Coletores de rua	4	11	21
Triadores	1	8	17
Retriadores	0	2	2
Enfardadores	1	0	0
Encarregados	0	1	2
Total	6	22	42

Fonte: Projeto Ecoponto para Juazeiro do Norte (2015).

A respeito dos custos para implantação dos ecopontos, o Projeto contempla uma previsão de custos considerando itens necessários e valores a partir de dados oficiais da base de dados SINAPIP – Sistema de Preços, Custos e Índices, considerando a região Nordeste e tendo o ano de 2009 como referência. Portanto, o poder público de Juazeiro do Norte ainda não possui dados de custos para ecopontos específicos para a cidade.

A Tabela 9 mostra que os itens de maior valor e que consomem 56% do valor total estimado dos custos de instalação do ecoponto, são: cercamento (27%), baias de madeira (18%) e tratamento paisagístico (10%). As edificações (de áreas secas e molhadas), juntas, abrangem no total de 18% dos custos previstos do projeto.

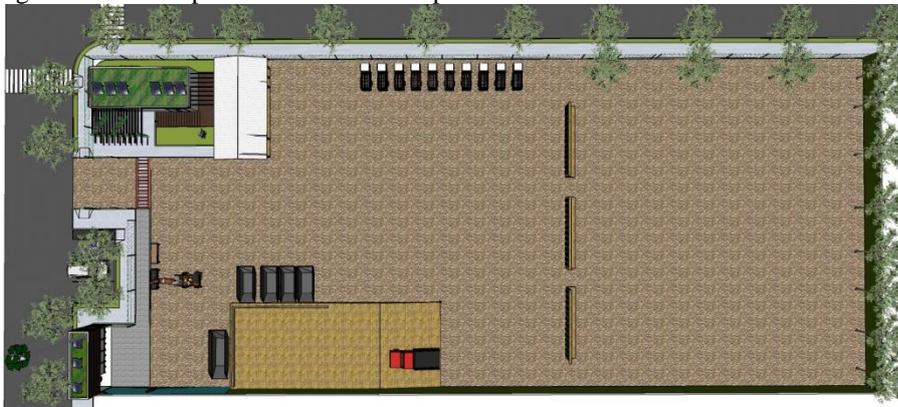
Tabela 9 - Custo de instalação de um ecoponto na região Nordeste.

Itens	Valor (R\$)
Cercamento	16.029,82
Baias de madeira	10.956,61
Tratamento paisagístico	5.937,98
Edificação de apoio - área molhada	5.624,40
Edificação de apoio - área seca	5.193,32
Cobertura	3.247,04
Arrimos de contenção do pátio	2.382,12
Execução de platô	2.316,46
Placa de identificação	2.243,04
Locação	1.978,24
Portões	1.968,10
Instalações externas	1.080,64
Limpeza de terreno	282,61
TOTAL	59.240,38

Fonte: Projeto Ecoponto para Juazeiro do Norte (2015).

O resultado esperado com o Projeto de Ecopontos para Juazeiro do Norte é a existência de baixo custo operacional a partir de operações eficientes para recuperação dos resíduos recicláveis. Quanto aos aspectos visuais, é necessário um “grande impacto visual positivo” a fim de propiciar um local agradável para o trabalho das pessoas e causar boa impressão a população da cidade. Para isto, o projeto arquitetônico padrão para todos os ecopontos a serem construídos contemplam a coleta seletiva para vidro, papel e papelão, metal, plástico e óleo de cozinha bem como espaço para descarga de resíduos e armazenamento (Figuras 21 a 24).

Figura 21 – Visão panorâmica de um ecoponto.



Fonte: AMAJU (2016).

Figura 22 - Desenho e Layout de Recipientes dos Ecopontos.



Fonte: AMAJU (2016).

Figura 23 - Locais de armazenagem nos ecopontos.



Fonte: AMAJU (2016).

Figura 24 - Contêineres de transporte/armazenagem nos ecopontos



Fonte: AMAJU (2016)

Serão utilizados carros de mão como veículo para movimentação de cargas nas dependências do ecoponto, bem como estacionamento para três vagas na parte frontal do ecoponto. O projeto arquitetônico contempla, ainda, painéis solares sobre a área íntima, onde ficam os banheiros.

A minoração do impacto ambiental também é prevista no Projeto, considerando o descaminho dos resíduos que antes iriam para deposição em locais inadequados, como margens de rios e lagoas, que poderiam acarretar assoreamento, entre outros impactos.

A recuperação de material orgânico também é um dos resultados previstos pelo Projeto. Com a matéria-prima orgânica é realizada a compostagem e, por conseguinte, o composto orgânico resultante pode ser utilizado pela própria Prefeitura de Juazeiro do Norte para aplicação nas áreas verdes da cidade ou pode ser objeto de doação aos pequenos produtores rurais.

c) Lixão

O Lixão da Palmeirinha é uma área locada pelo valor de R\$ 16.500,00/mês (BRASIL, 2015). É o único lixão da cidade de Juazeiro do Norte e, atualmente, é objeto de atenção da AMAJU. Esta entidade planeja uma atividade cooperada das Associações Engenho do Lixo, Associação de Catadores e Catadoras de Juazeiro do Norte (AC CJ) bem como catadores organizados no Lixão da Palmeirinha, com vistas a criar uma cadeia de comercialização para os materiais reciclados que, atualmente como o vidro, são encaminhados para a cadeia de reciclagem de outras cidades ou destinados para o Lixão.

A AMAJU planeja, a partir da formalização e legalização dessas associações, colocar os catadores em uma cooperativa sediada no próprio Lixão e dotá-la de recursos - como balanças e prensas - para cada associação receber, tratar e dar destino ao material que for classificado como reciclado. Os materiais orgânicos, também atualmente destinados ao lixão, serão objeto de trabalho dessa cooperativa. Planeja-se que o material orgânico seja vendido para o biodigestor a ser implantado na cidade, sem data definida.

A operação prevista para a cooperativa é caracterizada pela AMAJU como um Centro de Triagem e beneficiará tanto os catadores associados como o próprio município. Os catadores estarão organizados em um processo produtivo com apoio dos órgãos públicos, que darão recursos e apoio técnico na gestão, a fim de que haja incremento no volume de resíduos comercializáveis pela cooperativa. Neste sentido, a linha de produtos recicláveis pelos catadores aumentará, em comparação com a linha de produtos atualmente comercializados e, por conseguinte, novas fontes de receita surgirão.

Um exemplo de um produto que pode entrar na linha de materiais comercializáveis pelos catadores, a partir das associações ou cooperativas, é o vidro, material que não possui cadeia de comercialização na cidade de Juazeiro do Norte como material reciclado.

O município se beneficiará porque atenderá à PNRS ao inserir os catadores no processo de reciclagem, gerando emprego e renda, bem como os resíduos da cidade serão tratados devidamente com vistas a eliminar o uso do Lixão da Palmeirinha. Este atualmente, emprega práticas de cobertura do terreno com areia e argila, a partir do Método da Rampa, cobrindo a área plana do terreno com areia presente em parte mais alta do relevo (ver Figura 25), utilizando-se uma retroescavadeira. Possui, ainda, valas naturais de escoamento do lixiviado (ver Figura 26), onde é possível observar o lixiviado e sentir o odor do gás metano.

Figura 25 - Método da rampa aplicado no Lixão da Palmeirinha.



Fonte: Foto obtida pelo Autor.

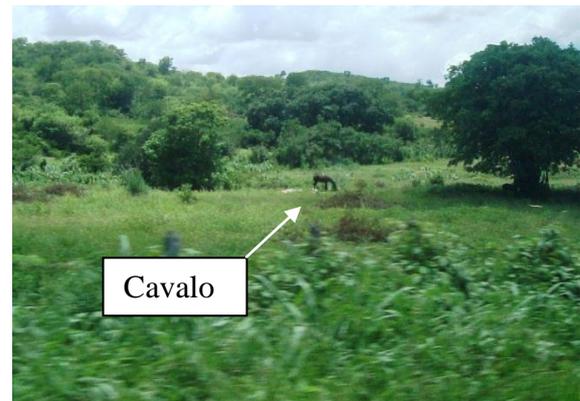
Figura 26 - Vala natural de escoamento do lixiviado.



Fonte: Fotos obtidas pelo Autor.

Na área plana do lixão (Figura 27), pode-se ver água empoçada e não se pode sentir o odor do gás metano. Além disso, constatou-se a presença de urubus, pássaros no lixão e cavalo na área verde ao entorno. Ainda nesta área plana verificou-se a fumaça gerada pela queima de poda de árvores e o rejeito a céu aberto (ver Figura 28).

Figura 27 - Animais no Lixão da Palmeirinha.



Fonte: Fotos obtidas pelo Autor.

Figura 28 - Queimada e rejeito a céu aberto na área plana do lixão da Palmeirinha.



Fonte: Fotos obtidas pelo Autor.

No ambiente do Lixão da Palmeirinha os catadores realizam suas atividades de coleta e separação de materiais. Eles improvisam abrigos na área plana do lixão, próximos de onde realizam a atividade de catação de materiais, com o despejo dos resíduos pelo caminhão de coleta da Proex (Figura 29).

Figura 29 - Abrigo dos catadores e despejo de resíduos no Lixão.



Fonte: Fotos obtidas pelo Autor.

Os resíduos são dispostos em locais específicos da área do lixão. Resíduos como latas, garrafas PET, plásticos e pneus são alocados em pontos à margem da rota de passagem de veículos e não impedem a circulação na área do Lixão da Palmeirinha (ver Figuras 30 e 31). O pequeno volume de pneus verificado na área destinada para este item é explicado pela AMAJU como sendo devido à coleta quinzenal deste produto na cidade, o qual é destinado para outras cidades que realizam o tratamento de reciclagem adequado.

Figura 30 - Latas e garrafas PET no lixão da Palmeirinha.



Fonte: Fotos obtidas pelo Autor.

Figura 31 - Plásticos e pneus no Lixão da Palmeirinha.



Fonte: Fotos obtidas pelo Autor.

O material reciclado é embalado e disposto, também em local pré-definido, para o devido transporte após realizada a venda (ver Figura 32). Também, há uma área específica para a destinação dos animais mortos que chegam ao lixão; conforme AMAJU, a partir de orientação técnica recebida, a criação de valas sépticas é o método ideal para tratar esses animais no Lixão da Palmeirinha. Entretanto, devido ao rápido aparecimento do lixiviado, optou-se pela criação de uma área específica para colocação dos animais mortos, a fim de que sejam comidos pelos urubus presentes no local.

Figura 32 - Material reciclado embalado e disposto para transporte no Lixão da Palmeirinha



Fonte: Fotos obtidas pelo Autor

Atualmente, a AMAJU disponibiliza vigilância diuturna para o Lixão da Palmeirinha, bem como pretende reformar o abrigo na entrada do Lixão (Figura 33) e colocar cerca no local, a fim de evitar a entrada de animais e pessoas por outro local que não o portão principal.

Figura 33 - Abrigo para os funcionários na entrada do Lixão da Palmeirinha



Fonte: Foto obtida pelo Autor

Essas ações visam, também, inibir a presença de traficantes de drogas no local. Conforme um dos funcionários do Lixão, os resíduos eram colocados no portão de entrada ou os próprios catadores determinavam onde deveriam ser despejados pelos carros de coleta. Além disso, o lixão da Palmeirinha era ponto de prostituição e de tráfico de drogas, como reportou ao Autor um dos catadores:

Pra nossa dor de cabeça, aqui tinham seis traficantes, dava uma dor de cabeça. Aqui dentro entrava carro de luxo, era um entra e sai, era uma dor de cabeça. Até meia noite entrava carro aqui. Hoje sumiu. Quiseram matar um na porta, aqui, parou um carro ali e cobrou R\$ 90,00 ... e eu tive que arrumar o dinheiro [...] pra ele.

Segundo os funcionários do Lixão, atualmente existem 78 catadores exercendo atividades dentro do Lixão. Essa quantidade era maior, mas foi reduzida devido à prisão de catadores envolvidos com práticas criminosas, ou que passaram a exercer outras atividades.

Atualmente, os funcionários do lixão são os responsáveis pela orientação aos carros de coleta sobre onde os resíduos devem ser depositados, bem como disponibilizam equipamentos de proteção individual aos catadores; mas os funcionários relatam que alguns catadores alegam que esses equipamentos atrapalham na atividade que executam.

Segundo relatos de um funcionário do lixão, que também exerce papel de atravessador, são reciclados, pelo menos, 20% dos resíduos que entram no Lixão da Palmeirinha. Alguns materiais que lá são coletados têm como destino as cidades vizinhas a Juazeiro do Norte. É o caso do papel branco (jornal, caderno, livro, papel higiênico), que são coletados para reciclagem (14 ton/mês) e é vendido para a INCOPA, empresa sediada na cidade do Crato-Ce.

Algumas dificuldades levantadas pelos catadores do Lixão são relativas aos carros de coleta pública, que acionam o compactador do caminhão a fim de reduzir o volume dos resíduos, mas acabam prensando e sujando o material que poderia ser reciclado. Um exemplo para este caso ocorreu com um atravessador que realizou a venda de seis toneladas de plásticos, mas três toneladas acabaram retornando para o lixão porque estavam sujas com lixo e não havia condição financeira para pagar catadores para realizar a devida triagem e limpeza.

Este fato rebaixa o preço dos materiais recicláveis. Segundo um atravessador que exerce atividade no lixão, 42 t/mês de plástico são comercializadas - entre garrafas PET, plástico mole (como bacia) e plástico filme (como sacola de supermercado); este último item tem a unidade vendida no lixão por R\$ 0,50/kg, enquanto que, fora do lixão, este mesmo item, dependendo da época, pode chegar a R\$ 1,80/kg.

Outra dificuldade relatada é a falta de infraestrutura de abrigo para os funcionários na entrada do Lixão. Contudo, os funcionários mostraram-se satisfeitos, de modo geral, com a atual condição de trabalho, tendo um dos respondentes declarado:

ultimamente, aqui não tem dificuldade, não. Hoje nós trabalha é no paraíso, porque antigamente era meio difícil.

d) Biodigestor

Os resíduos orgânicos terão tratamento específico na cidade. Há licitação em andamento para doação de um terreno para construção de um biodigestor, que objetivará gerar bio-fertilizantes para servir como insumo para a produção agrícola local e terá como atividade secundária a geração de energia elétrica. Esse biodigestor terá como matéria-prima, entre outros, a casca do coco. O coco, além de ser um produto existente localmente, tem sido recebido de outras cidades - como João Pessoa - para serem comercializados em Juazeiro do Norte. Após o uso da água, a casca do coco inservível tem como atual destino final o Lixão da cidade. O biodigestor deve ser projetado para absorver mais de 100 ton/dia de material orgânico produzido em Juazeiro; estima-se que a cidade produza 200 ton/dia de resíduo orgânico.

Com esta ação, pretende-se reduzir o volume de materiais que seriam destinados ao Lixão e, no médio ou longo prazo, desativar locais inadequados para deposição de resíduos na cidade. Espera-se, assim, atribuir valor econômico aos produtos atualmente não importantes aos catadores e aumentar o volume de itens por eles comercializados, de modo que se contribua para o aumento da renda acumulada por estes trabalhadores.

e) Indústrias de Reciclagem

A cidade de Juazeiro do Norte conta, atualmente, com duas empresas privadas que realizam a reciclagem dos resíduos segregados: a ARPLAST e a JUAPLAST. A primeira é uma empresa de reciclagem de materiais plásticos e de papelão; a segunda tem como matéria-prima reciclável materiais plásticos para fabricar produtos como embalagens PET e alças.

4.3 Desafios para Juazeiro do Norte

Dada a complexidade das variáveis presentes nas atividades de logística reversa dos RSU de Juazeiro do Norte, alguns desafios se tornam prementes para a AMAJU e exigem ações concretas a fim de que se possa avançar para estruturação de uma cadeia de comercialização de materiais recicláveis que atenda a PNRS e resolva as questões estruturantes para a cidade.

Um desses desafios, citados pela AMAJU, é a falta de projetos de educação ambiental para população local que oriente sobre qual tipo de resíduo é comercializável pelo catador, associação ou cooperativa que desenvolve suas atividades no Município de Juazeiro

do Norte. Com esta orientação, os munícipes podem realizar a separação dos resíduos na fonte, com vistas a contribuir para o fomento da atividade de catação e reduzir o volume de materiais com potencial valor no lixão da cidade.

Outra frente de ação que exige uma solução rápida é a falta do estabelecimento de dias e horários para realização da coleta dos recicláveis pelos catadores associados, sejam eles associados a qualquer uma das três associações existentes na cidade. A organização de uma agenda para coleta seletiva municipal seria conveniente para a população, pois contribuiria para tornar um hábito a disposição dos recicláveis na porta de casa e a coleta seria organizada conforme o interesse da sociedade, não exclusivamente do catador.

4.4 Resultados da aplicação da Metodologia RESFE na área de estudo

Com o diagnóstico, observou-se que o poder público divide a cidade de Juazeiro do Norte em 26 Zonas de Geração de Lixo (ZGL), havendo quatro ZGL fora do escopo deste trabalho, pelas seguintes razões:

- a) ZGL-1: não representa um polígono fechado, mas um trajeto a ser percorrido; assim, impossibilitando o rateio do volume de resíduos da cidade pela ZGL;
- b) ZGL-2: também não representa um polígono fechado, mas estabelecimentos comerciais caracterizados como grandes geradores de resíduos, que, no âmbito deste trabalho, não foi possível obter o perímetro dos mesmos ou o volume de resíduos que geram;
- c) ZGL-25 e ZGL-26: são sítios fora da zona urbana da cidade de Juazeiro do Norte; portanto, fora do escopo de trabalho desse estudo.

Ainda, devido ter sido identificada a possível duplicidade da ZGL AID.18, categorizada assim no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos de 2013, de Juazeiro do Norte, criou-se a ZGL-23. Como também, por não ter sido identificada no mesmo Plano uma ZGL para uma dada área urbana ao sudeste de Juazeiro do Norte, foi criada a ZGL-24, especialmente, devido essa área ser atendida pela coleta pública regular de resíduos.

Com a exclusão e criação dessas ZGL, todas as ZGL foram renumeradas sequencialmente, da ZGL-1 a ZGL-24. Segundo a previsão dos funcionários do Lixão da Palmeirinha, que 20% das 250 ton/dia de RSU que entram no lixão são recicláveis, estimou-se o volume dos RSU recicláveis gerados nas ZGL calculado a partir da proporcionalidade do

perímetro de cada ZGL (Tabela 10). O perímetro das ZGL-23 e ZGL-24 foi estimado com uso da ferramenta “mostrar régua” do Google Earth.

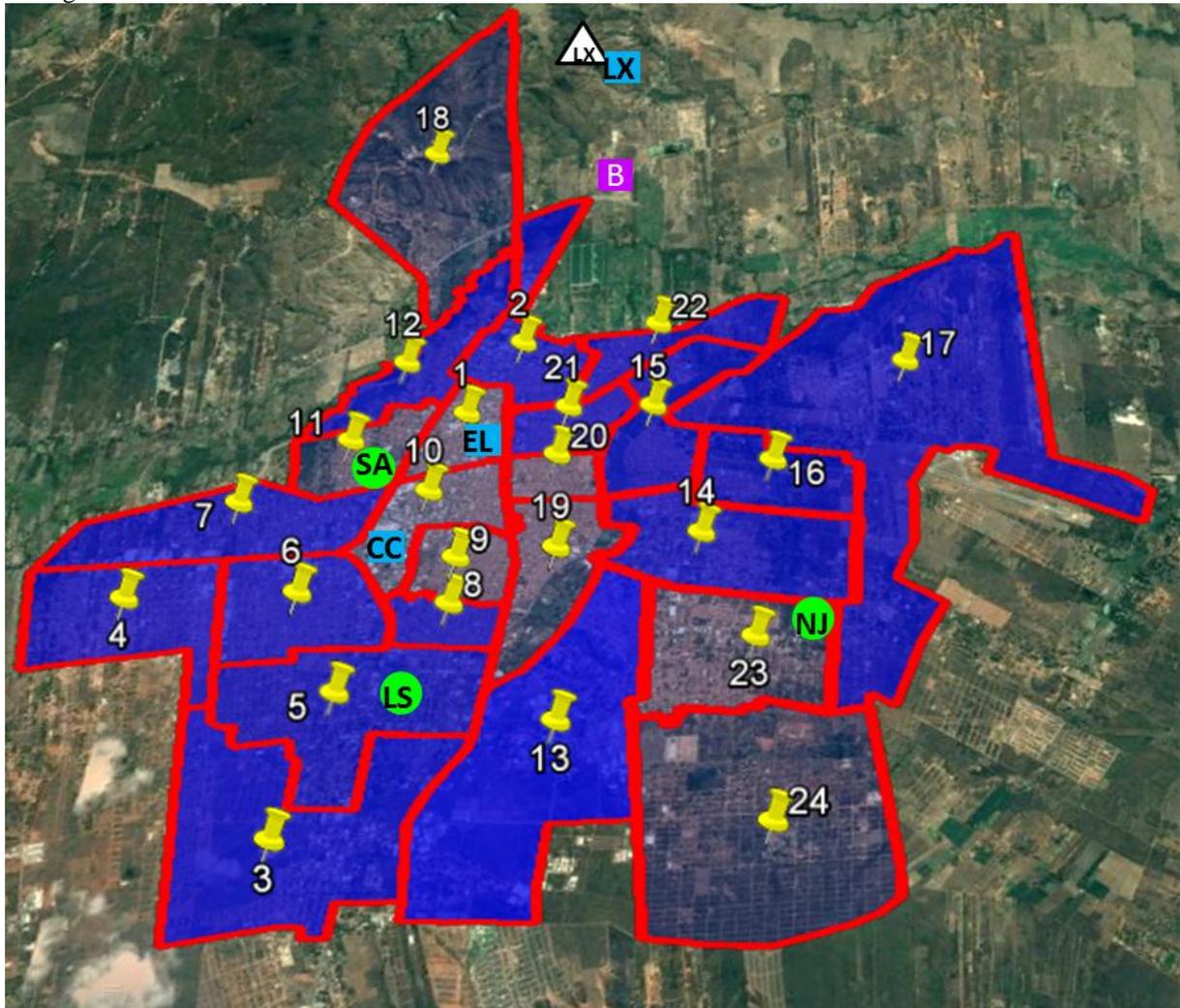
Tabela 10 - Volume proporcional de RSU recicláveis gerados por ZGL.

ZGL	Perímetro total das ZGL (m)	Participação da ZGL no perímetro total (%)	Acumulado (%)	Volume proporcional de RSU recicláveis gerados por ZGL (kg/dia)
ZGL-17	47.654	9%	9%	4.480,57
ZGL-5	38.623	7%	16%	3.631,45
ZGL-3	37.810	7%	23%	3.555,01
ZGL-16	37.710	7%	30%	3.545,61
ZGL-13	33.807	6%	37%	3.178,63
ZGL-6	30.729	6%	43%	2.889,23
ZGL-7	29.712	6%	48%	2.793,61
ZGL-4	29.046	5%	54%	2.730,99
ZGL-14	27.592	5%	59%	2.594,28
ZGL-22	20.953	4%	63%	1.970,06
ZGL-8	20.632	4%	67%	1.939,88
ZGL-15	18.234	3%	70%	1.714,41
ZGL-21	16.460	3%	73%	1.547,62
ZGL-2	16.381	3%	76%	1.540,19
ZGL-12	15.638	3%	79%	1.470,33
ZGL-19	15.637	3%	82%	1.470,24
ZGL-9	15.367	3%	85%	1.444,85
ZGL-10	15.366	3%	88%	1.444,76
ZGL-11	15.142	3%	91%	1.423,70
ZGL-1	14.208	3%	93%	1.335,88
ZGL-20	11.451	2%	96%	1.076,66
ZGL-18	8.679	2%	97%	816,03
ZGL-24	8.625	2%	99%	810,95
ZGL-23	6.329	1%	100%	595,07
TOTAL	531.785	100%	1577%	50.000,00

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com isso, foram identificadas 15 ZGLs em Juazeiro do Norte as quais, juntas, geram 79% dos RSU recicláveis na cidade. Essas Zonas foram plotadas em azul no mapa da figura 34, elaborado com o Google Earth. Também, foi plotado no mapa a localização planejada para os três ecopontos e o biodigestor, as associações e o Lixão da Palmeirinha.

Figura 34 - ZGL de Juazeiro do Norte com até 80% dos RSU recicláveis.



- | | |
|----------------------------------|--|
| SA Ecoponto Santo Antônio | CC Associação de Catadores e Catadoras de Juazeiro do Norte |
| LS Ecoponto Lagoa Seca | EL Associação Engenho do Lixo |
| NJ Ecoponto Novo Juazeiro | LX Catadores organizados no Lixão da Palmeirinha |
| LX Lixão da Palmeirinha | B Biodigestor |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A investigação acerca dos aspectos técnico-econômicos, logísticos e ambientais do setor de RSU de Juazeiro do Norte, com foco em geração de energia, que foi o primeiro objetivo específico deste trabalho, está amparada por indicadores que auxiliaram na elaboração do questionário de pesquisa e serão abordados nesta seção.

Quanto ao indicador do processo logístico reverso, pode-se compreender com GRS/UFPE (2014) que, a partir da estimativa populacional de 266.022 habitantes para 2015, a rota tecnológica para Juazeiro do Norte deveria apresentar como etapas logísticas a coleta e o

transporte (com ou sem transbordo) para destinar os resíduos para estações de compostagem, incineração e, mesmo, central de triagem; a partir deste ponto, os resíduos seguiriam para reciclagem ou aterro sanitário (com ou sem aproveitamento energético). Contudo, este modelo não se verifica atualmente na cidade.

Segundo a Análise Sistêmica, empregada na Etapa 7 da Metodologia RESFE, um problema evolui no horizonte de tempo (curto, médio e longo prazo); portanto, uma solução no curto prazo para um dado problema pode não ser viável no médio ou longo prazo. Disto decorre a elaboração da tendência das rotas tecnológicas dos RSU de Juazeiro do Norte-Ce, feitas conforme práticas concretas já estabelecidas na cidade e como ações ou práticas a se concretizarem no médio ou longo prazo, segundo a AMAJU.

Conforme a etapa de Análise de Conteúdo empregada, uma prática a se concretizar na cidade, ou seja, uma tendência para a rota tecnológica e que atendeu em parte a grade fechada do referencial de Souza *et al.* (2016); GRS/UFPE (2014); e Cartelle *et al.* (2015), foi o levantamento de categorias para o indicador “equipamentos logísticos para coleta dos RSUs”. Apenas as categorias “centrais de triagem” e “digestão anaeróbia” foram identificadas, sendo esta última utilizada no biodigestor, que é um tipo de UGER e está em fase de planejamento na AMAJU.

A partir das declarações dos entrevistados na AMAJU, pode-se levantar outras categorias para o mesmo indicador, agora para compor a grade aberta da etapa Análise de Conteúdo e que foram: caminhões (como compactadores e caminhões caçamba) e caçambas - empregados para coleta dos resíduos da construção civil ou de pneus. Nas campanhas de coleta da cidade - por exemplo, na coleta de pneus - as caçambas podem ser alocadas em três endereços fixos na cidade de Juazeiro do Norte e cada local tem capacidade de receber 90.000 unidades, 2.000 unidades e 1.000 unidades de pneus cada uma. Outras categorias identificadas para a grade aberta foram central de triagem e ecopontos.

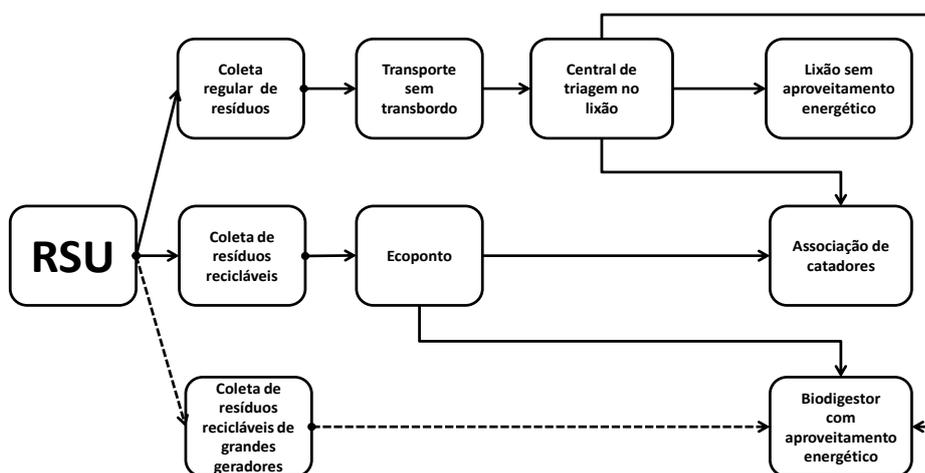
Quanto ao último indicador logístico, área de transbordo, não há nenhuma área que possa se classificar nesta categoria ou esteja sendo planejada para cidade. Todas as interligações entre os equipamentos logísticos de coleta dos RSU estão estruturados de modo direto, sem que se tenha a atividade do transbordo.

Com essas categorias foi possível obter o processo logístico reverso (outro indicador da variável logística) que as interliga. Na figura 35 pode-se verificar que as ações da AMAJU em curso no município tendem a realizar três tipos de coleta (em vias públicas; recicláveis, a partir dos catadores; e nos grandes geradores de resíduos). A coleta pública deve ser encaminhada para o Centro de Triagem a ser localizado no Lixão, por meio de um

transporte sem transbordo. O rejeito dessa rota deve ser encaminhado para o próprio Lixão.

Ainda conforme a figura 35, os ecopontos e as associações de catadores passarão a receber a coleta dos resíduos recicláveis. Na associação, atualmente, os catadores vendem os resíduos e no ecoponto os resíduos deverão ser encaminhados para o Centro de Triagem a fim de ser realizada a separação e destinação para venda ou encaminhado os rejeitos ao Lixão. De modo excepcional, os resíduos dos grandes geradores serão encaminhados para o biodigestor da cidade.

Figura 35 – Tendência de Rota Tecnológica para Juazeiro do Norte-Ce.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ainda quanto ao primeiro objetivo específico, outro aspecto levantado foi o técnico-econômico. Nesse interim, sobre o indicador motivação, a fim de privilegiar o catador, sejam avulsos ou associados, a AMAJU busca atribuir mais poder de barganha aos catadores partir da venda do maior volume de material reciclado ou reutilizado que esteja armazenado. Para isto, uma série de atores devem se articular a montante e a jusante dos catadores organizados no intuito de estruturar uma cadeia de comercialização dos RSU da cidade.

Como atores a jusante dos catadores organizados existem as empresas atuantes na cidade, deposeiros e sucateiros, segundo as categorias identificadas na Análise de Conteúdo e

que foram incluídas na grade aberta. Como um tipo de atravessador, os deposeiros e sucateiros podem ser clientes e, ao mesmo tempo, rivais dos catadores organizados. Contudo, para privilegiar a cadeia de comércio dos catadores organizados diretamente com a indústria, faz-se necessária a formalização desses catadores em cooperativas, pois, segundo determina os artigos 5 e 6, da Lei nº 12.375/2010, até 31 de dezembro de 2018 as indústrias que comprarem de cooperativa terão direito a crédito presumido para ser deduzido no IPI de saída dos produtos que contenham resíduos sólidos na sua composição.

As empresas atuantes em Juazeiro, segundo IBGE (2014), totalizam 5.487 unidades industriais - especialmente as duas empresas de reciclagem (ARPLAST e JUAPLAST) - que também estão a jusante dos catadores organizados podem contribuir para o fortalecimento da presença dos catadores na cadeia de comércio da cidade à medida que decidam pelo ingresso de materiais reciclados ou reutilizáveis no seu processo produtivo. Elas também se beneficiarão, por exemplo, com o alívio da incidência do IPI sobre seus produtos compostos de recicláveis.

O biodigestor é outro ator que está à jusante dos catadores organizados. Para a manutenção do volume de resíduos necessários à operação diária deste equipamento, é necessário o “desvio de resíduos do Lixão” (indicador da variável ambiental), especialmente, dos orgânicos para o biodigestor. Esta prática atende à diretriz da PNRS, que reza não agredir o meio ambiente com a disposição inadequada no lixão e privilegia a segregação dos resíduos orgânicos nas residências, comércio ou indústria a partir de ações de educação ambiental e inclusão social dos catadores na coleta.

O desvio de resíduos do Lixão também ocorre a partir da coleta pública dos resíduos, pois, com a destinação ao Centro de Triagem, os resíduos serão encaminhados para comercialização e não disposição no Lixão da Palmeirinha.

Por outro lado, a montante dos catadores organizados, encontra-se na cidade de Juazeiro do Norte os geradores de resíduos: residências unifamiliares ou multifamiliares e grandes geradores, segundo categorias obtidas na grade aberta da Análise de Conteúdo. Para este público, a AMAJU observa as ações de não geração, redução, reutilização e reciclagem, conforme orienta a PNRS e a Lei 12.305/2010.

O poder público em Juazeiro do Norte, além de propagandas televisivas sobre a colocação dos resíduos domiciliares na via pública no dia e hora corretos, aborda o relacionamento dos temas educação ambiental e RSU a partir de mobilizações populares (como corridas de rua) e palestras nas escolas. Essas ações estão classificadas na PNRS como do tipo 3 e 4, respectivamente.

O indicador “geração de emprego e renda” para a variável técnico-econômica tem como premissa a inclusão de pessoas de baixa renda do setor de RSU da cidade, conforme orienta a PNRS. Na cidade, os catadores associados tenderão a ter um aumento da renda pelo comércio dos resíduos a partir do aumento do número dos tipos e linhas de produtos a serem comercializados na cidade - como é o caso do vidro, ainda sem cadeia de comércio.

Contudo, a partir do estudo de gravimetria (indicador da variável ambiental) dos RSU do município, até abril de 2016 ainda não realizado, a cidade disporá da relação dos tipos de resíduos característicos que mostrarão a viabilidade do planejamento adequado do modo de tratamento e estruturação da cadeia logística reversa dos RSU.

Atendendo ao terceiro objetivo específico do trabalho, uma ação de resultado que a Metodologia RESFE pode apontar para o caso do indicador “motivação” é a elaboração de campanhas de divulgação sobre os benefícios das trocas comerciais para ambos: catadores organizados e indústria, incluindo o próprio biodigestor. À luz do exemplo internacional, a ampla publicidade sobre a importância da coleta seletiva é uma prática de conscientização da população. No caso de Juazeiro, a publicidade sobre os tipos de resíduos que podem ser comercializados na cidade pelos catadores, bem como a importância da segregação dos resíduos na fonte geradora é uma oportunidade para o fortalecimento da cultura de valorização dos RSU como solução municipal, ainda incipiente na cidade, e não como problema.

Outra ação para otimizar a rede logística dos RSU trata-se da agregação do equipamento de UGER, especificamente o biodigestor, com a proposta Central de Triagem, em vista da desativação do Lixão da Palmeirinha. Com a proximidade física dos dois equipamentos logísticos a operação de transporte automotivo entre eles pode ser eliminada, dando lugar a equipamentos logísticos de movimentação dos resíduos, a exemplo do uso de esteiras, como relatado no caso nacional.

Aquisição de veículos apropriados para coleta pública seletiva dos RSU também se torna urgente no caso da integração das operações entre a coleta pública dos resíduos recicláveis ou reutilizáveis com as atividades da cooperativa de catadores no Centro de Triagem. O veículo apropriado visa a não degradação dos RSU ao longo do percurso e maior número de itens a serem reciclados ou reutilizáveis pelos cooperados.

A estimativa de recebimento dos resíduos orgânicos nos ecopontos descritos no Projeto de Juazeiro do Norte pode contemplar uma alteração: dada a representatividade do volume deste resíduo (35%) na cesta total materiais a serem recebidos pelos ecopontos, pode-se criar uma infraestrutura própria, anexa ao próprio ecoponto para viabilizar o recebimento e

expedição desse material.

Segundo a AMAJU, pneus e cascas de coco são tratados como resíduos que requerem ações específicas e periódicas para a cidade, mas que podem ser objeto de coleta diária dos catadores avulsos ou mesmo associados. Com a predefinição dos pontos de coleta e destino, e a determinação da rota a ser seguida pelos catadores, os resíduos eletroeletrônicos também poderão ter tratamento contínuo e adequado na cidade, privilegiando a inserção dos catadores e fomentando sua renda a partir da venda de um item que ainda não está contemplado na linha de resíduos comercializados na cidade ou que gere emprego e renda.

Com o exposto, procedeu-se à elaboração de cenários. Segundo dados obtidos na pesquisa de campo e já mencionados neste trabalho, a cidade de Juazeiro do Norte gera 250 ton/dia de resíduos, que são destinados ao Lixão da Palmeirinha e os resíduos recicláveis são estimados, a partir dos funcionários do Lixão, em 20% do volume total de resíduos que nele entram, ou seja, 50 ton/dia.

Para aplicação na geração dos cenários alternativos, o volume de 50 ton/dia de resíduos recicláveis foi rateado proporcionalmente pelo perímetro das ZGLs da cidade e considerado como sendo o quantitativo devido para coleta seletiva na cidade de Juazeiro do Norte, a partir do poder público ou catadores.

A rota tecnológica enfatizada neste estudo envolve a coleta dos resíduos recicláveis na cidade de Juazeiro do Norte, seguindo para os ecopontos. A partir destes pontos a rota pode ganhar caminhos diversos, como para o biodigestor e associações.

Com isso, foram elaborados 3 cenários alternativos para comparar a quantidade de ecopontos a serem instalados na cidade de Juazeiro do Norte (Quadro 3). Os cenários com foco nos RSU recicláveis contemplam o custo de transporte e o custo fixo da instalação de ecopontos (vide memória de cálculo no Anexo D). Esses cenários atendem a uma rota tecnológica que exige rápida solução na cidade, segundo planejamento da AMAJU.

Quadro 3 – Cenários alternativos.

Cenário A – Tendência futura	Quantidade de ecopontos	Total (R\$)
Custo dos ecopontos	3	64.120,00
Cenário B – Expansão-I	Quantidade de ecopontos	Total (R\$)
Custo dos ecopontos	4	46.770,00
Cenário C – Expansão-II	Quantidade de ecopontos	Total (R\$)
Custo dos ecopontos	5	37.400,00

Fonte: Elaborado pelo Autor.

No “Cenário A – Tendência Futura” foram instalados 3 ecopontos, segundo a necessidade imediata declarada pela AMAJU. A determinação da localização desses ecopontos foi primeiramente planejada pela AMAJU e tendem a ser instalados nas ZGL-11, ZGL-5 e ZGL-23, mas com a aplicação do modelo de otimização do PLFC, a localização foi alterada para ZGL-4, ZGL-6 e ZGL-17, obtendo-se o custo de R\$ 64.120,00. Com a nova localização dos ecopontos, cada um passaria a atender as seguintes zonas:

- ZGL-4: ZGL-3, ZGL-5, ZGL-6 e ZGL-7;
- ZGL-6: ZGL-1, ZGL-2, ZGL-8, ZGL-9, ZGL-10, ZGL-11, ZGL-12, ZGL-13, ZGL-19, ZGL-20 e ZGL-21;
- ZGL-17: ZGL-14, ZGL-15, ZGL-16, ZGL-18, ZGL-22, ZGL-23 e ZGL-24.

No “Cenário B – Expansão-I”, o número de ecopontos foi para 4 e a localização foi alterada para as ZGL-6, ZGL-8, ZGL-14 e ZGL-18. Essa localização foi definida segundo o modelo de otimização do PLFC e obteve de custo total R\$ 46.770,00.

- ZGL-6: ZGL-1, ZGL-3, ZGL-4, ZGL-5, ZGL-7 e ZGL-11;
- ZGL-8: ZGL-9, ZGL-10, ZGL-13, ZGL-19 e ZGL-21;
- ZGL-14: ZGL-16, ZGL-17, ZGL-20, ZGL-23 e ZGL-24;
- ZGL-18: ZGL-2, ZGL-12, ZGL-15 e ZGL-22.

No “Cenário C – Expansão-II”, o número de ecopontos aumentou para 5 e a localização dos ecopontos foi ZGL-6, ZGL-8, ZGL-14, ZGL-15 e ZGL-18. Nesse cenário, o custo total manteve a tendência de queda, R\$ 37.400,00.

- ZGL-6: ZGL-1, ZGL-3, ZGL-4, ZGL-5, ZGL-7 e ZGL-11;
- ZGL-8: ZGL-9, ZGL-10, ZGL-13 e ZGL-19;
- ZGL-14: ZGL-16, ZGL-17, ZGL-23 e ZGL-24;
- ZGL-15: ZGL-2, ZGL-20, ZGL-21 e ZGL-22;
- ZGL-18: ZGL-12.

Em virtude do exposto, o “Cenário C – Expansão-II”, que apresenta cinco ecopontos para a cidade em estudo, mostra-se como o cenário a ser escolhido, pelo estrito

critério do custo de operação e manutenção. Em consequência do aumento do número de ecopontos instalados, reduz-se a quantidade de ZGLs atendidas, reduz-se o volume de resíduos que devem ser processados em cada ecoponto e há um redimensionamento dos recursos e equipamentos, isso impacta diretamente no custo total da facilidade. Contudo, outros critérios que podem ser selecionados para elaboração dos cenários, por exemplo, com a inclusão de variáveis como geração de emprego e renda e minimização de impactos ambientais, outros cenários poder ser elaborados e escolhidos pelos dirigentes públicos.

A guisa de conclusão para os resultados desta pesquisa, pode-se verificar que o diagrama da tendência de Rota Tecnológica para Juazeiro do Norte está parcialmente de acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos, para uma população entre 250 mil e 1.000.000 de habitantes, não fosse pela falta de incineração dos resíduos não recicláveis e seu consequente encaminhamento aos Aterro, que apresenta um esforço da AMAJU para torna-lo sanitário, haveria compatibilidade. A fim de organizar atores envolvidos no setor de RSU na cidade ao longo dessas rotas e atender a legislação, o próximo capítulo trata das proposições de políticas e ações para cidade.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho objetiva propor uma metodologia de avaliação de sistemas alternativos de coleta, tratamento e uso energético dos RSU. O emprego dessa metodologia em Juazeiro do Norte-Ce decorreu da relevância do tema para localidade, uma vez que existem ações em curso para estruturar um sistema de logística reversa dos RSU que contribua para geração de energia, oportunize a criação de empregos e atenda a legislação.

5.1 Principais conclusões do estudo

Quanto à situação atual do setor de RSU na área de estudo, a Análise Sistêmica pode oferecer a compreensão adequada para o diagnóstico do caso da cidade de Juazeiro do Norte, indicando os problemas nos elos da cadeia logística reversa dos RSU e suas interações naquela cidade.

As externalidades não consideradas no atual sistema logístico, mas que também implicam no seu desempenho e que podem ser apontadas como pontos negativos, são o baixo nível de serviço que impossibilita a AMAJU atender todas as demandas do órgão; a falta da cadeia de comércio na cidade para resíduos recicláveis ou reutilizáveis gerados no próprio município; a inexistência de parcerias entre poder público e outros atores (como universidade, sociedade e empresas) para geração, em âmbito local, de opções de cenários alternativos tempestivos para o poder público viabilizar ações à luz da PNRS; e a falta de informações estruturadas em banco de dados que possam ser utilizadas para geração de informações estratégicas de apoio aos gestores públicos no enfrentamento dos problemas referentes aos RSU na cidade.

Como estado atual do setor de RSU na cidade, também podem ser citadas a existência de lixão na cidade; informação à população sobre a temática dos RSU com ações pontuais em escolas e veiculação de propagandas em mídia de massa; esforço da AMAJU em localizar os grandes geradores de resíduos e os tipos de resíduos gerados a fim de reduzir os resíduos recicláveis secos encaminhados ao Lixão da Palmeirinhas; esforço da AMAJU para encaminhar os resíduos recicláveis secos para ecopontos sob gestão compartilhada com associações.

Quanto às possibilidades de melhoria para o sistema público municipal de coleta, armazenagem e destinação dos RSU, diante de eventuais custos de implantação, operação e manutenção desse sistema, propõe-se à luz da PNRS:

- a) encerramento do Lixão da Palmeirinha como área de destinação final, implementando ações para o final do ciclo de vida desse equipamento, com cobertura do solo, vigilância e realocação das pessoas com atividades no local.
- b) implementação de coleta seletiva nos domicílios e no comércio, serviço e indústrias para destinação às associações e cooperativas de catadores. Com a segregação dos resíduos na fonte, a comunicação à população sobre a valorização energética dos resíduos e tipos de resíduos comercializáveis na cidade, pode haver fortalecimento da cultura para geração de energia no biodigestor com uso dos RSU e participação dos catadores na coleta de recicláveis, com incremento de renda e geração de empregos.
- c) instalação de equipamentos como ecopontos no centro geográfico do conjunto de ZGL vizinhos, de modo a atender a uma demanda específica para coleta de resíduos. Isso pode reduzir o custo total de um ecopontos, uma vez que estará dimensionado para atender a demanda específica de uma área.

Outra proposta de melhoria, identificada a partir dos indicadores técnico-econômicos desta pesquisa, é a estruturação da cadeia de comércio de resíduos não comercializados na cidade, como o caso da ausência do comércio de pneus inservíveis na cidade. Com o desenho esquemático da tendência das rotas tecnológicas para cidade, a partir da identificação dos atores envolvidos (catadores, associações, empresas de reciclagem na cidade, poder público, sociedade), pode-se apontar um fluxo de comércio para esses materiais na cidade e os devidos equipamentos logísticos a serem empregados, como ecopontos e biodigestor. Essa ação pode envolver catadores avulsos, associações de catadores e cooperativa, gerando, conseqüentemente, novos empregos e o aumento da renda pelo comércio de produtos antes não realizado na cidade.

O meio ambiente também foi objeto de análise no plano de indicadores deste estudo; com isso, outra proposição premente é a monitoração de áreas contaminadas, com a fiscalização das atividades ambientais, como na produção de tintas, vernizes e esmaltes na cidade, pois algumas empresas, por meio de exaustores, emitem pigmentos no ar que acabam sendo depositados em locais ainda desconhecidos pelo poder público.

Com os indicadores da variável ambiental, foi estimado que, das 250 ton/dia endereçadas ao Lixão da Palmeirinha, 50 ton/dia seguem para reciclagem, fruto do trabalho dos catadores organizados naquele Lixão. Esse desvio pode permitir ao poder público ensejar a estruturação de rotas tecnológicas para fortalecimento da cadeia de comércio dos resíduos, mesmo que fora da cidade como atualmente ocorre.

Ainda, apesar da ausência do estudo de gravimetria para o município de Juazeiro do Norte, pode-se justificar o tipo de UGER a ser adotada para cidade a partir do Projeto de Ecopontos para Juazeiro do Norte, que apresenta a média de 51% de matéria orgânica a ser recebida pelos ecopontos. Portanto, a tecnologia de biodigestores se mostra adequada, á luz da literatura, para implantação na cidade, gerando energia e biofertilizantes.

Quanto aos métodos de análise empregados, a viabilidade da técnica para decisão de localização dos ecopontos (PLFC) partiu da literatura e julga-se aderente ao caso de Juazeiro do Norte, uma vez que a localização dos ecopontos e os custos obtidos para os cenários partiram de técnicas consagradas e sem arbitrariedades.

O método de Análise de Conteúdo e Emparelhamento foram adequados ao caso, uma vez que foi coletada uma grande quantidade de documentos: gravados em áudio e transcritos; arquivos eletrônicos, como fotos, textos e projetos arquitetônicos. Com uso de uma grade mista, os conteúdos puderam ser devidamente categorizados e analisados á luz da literatura pertinente.

Quanto às alternativas de cenários analisados e à justificativa da alternativa sugerida neste estudo, os três cenários elaborados fazem parte do esforço metodológico de análise para identificar opções para o poder público refletir sobre as atividades de transporte e a localização estratégica dos equipamentos logísticos, com vistas a minimizar os custos envolvidos nestas operações. O “Cenário C – Expansão-II” mostrou-se plausível, sugerindo a instalação 5 ecopontos a serem instalados estrategicamente na cidade de Juazeiro do Norte.

Os objetivos deste estudo foram atingidos. Para atender ao primeiro objetivo específico foi esquematizada a Metodologia RESFE, inspirada no Projeto RESURB. Essa metodologia foi operacionalizada com o questionário de pesquisa, que possui todas suas questões associadas às variáveis técnico-econômicas, logísticas e ambientais a fim de permitir uma compreensão sistêmica do problema de pesquisa.

O segundo objetivo específico foi alcançado e descrito no Capítulo 4, descrevendo os elementos componentes pertinentes para área de estudo, os elos da cadeia logística reversa dos RSU na cidade e apresentando os resultados da Metodologia RESFE, que estruturou as rotas tecnológicas para os RSU na cidade e definiu cenários alternativos para a quantidade de ecopontos a serem instalados.

O terceiro objetivo específico foi satisfeito a partir das proposições de políticas e ações relatadas nesta Conclusão, auxiliando a visão sistêmica do setor de RSU da cidade, privilegiando a geração de energia com a geração de emprego e renda para os catadores e a mitigação dos impactos ambientais na cidade, além do atender as exigências na PNRS.

5.2 Limitações do estudo

As limitações do trabalho concernem a questões da ferramenta computacional utilizada para análise dos dados bem como aos dados empíricos relativos ao sistema de gerenciamento dos RSU na cidade de Juazeiro do Norte.

A falta do acesso aos dados empíricos sobre o custo do transporte levou à proposição de estimativas a fim de testar a aderência da metodologia para o caso em estudo. Também, a ausência de informações sobre o custo para instalação de um ecoponto, especificamente na cidade de Juazeiro do Norte, leva a um custo total impreciso para cada Cenário elaborado, uma vez que o volume de resíduos tratados em um dado ecoponto é reduzido e suas dimensões devem ser adequadas à realidade.

O não uso de *software* específico para determinar os centroides das ZGL (foi utilizado o Google Earth) acarreta perda de precisão na localização dos ecopontos. A falta da determinação dos tipos de imóveis presentes em Juazeiro do Norte, como multifamiliar, comercial, hospital, entre outros, também impossibilita a definição precisa do perfil da ZGL levando a instalação de ecopontos em áreas que poderiam prescindir desse equipamento.

A ausência do estudo de gravimetria na cidade, bem como a sua segregação por ZGL, impactou no método do PLFC, de modo que os dados utilizados tiveram que ser estimados a partir da proporcionalidade dos volumes das ZGL sobre o total de RSU gerado na área de estudo. Ainda, a criação das ZGL-23 e ZGL-24 ocasionou a necessidade de estimação do perímetro dessas zonas, podendo ter havido sub ou superestimação, e interferiu na identificação das ZGLs com maior geração de resíduos recicláveis.

Sobre a determinação do volume de resíduos gerados na cidade, também não se tem a informação do volume que é destinado à reciclagem, reutilização, rejeito ou, mesmo, do que deixa de ser gerado; desta escassez de dados empíricos decorre a fragilidade da análise dos dados quantitativos enquanto instrumentos de interpretação da realidade local.

A demarcação da ZGL-1 pelo poder público como sendo um trajeto a ser percorrido, não um polígono irregular, a exemplo de outras ZGLs, culminou com sua exclusão deste estudo, uma vez que o custo do transporte foi estimado a partir do perímetro das zonas.

Quanto à Análise de Conteúdo empregada, a utilização de um *software* de análise qualitativa de dados - como o Atlas/TI - poderia ter facilitado o estudo das grades, uma vez que os arquivos obtidos com a pesquisa de campo tiveram os mais variados formatos - como áudio, fotos e *portable document format* (pdf).

A escolha de um cenário preferível, em sistemas complexos como o abordado neste estudo, pressupõe a análise de outros indicadores que aqui não foram enfocados, tais como os referentes a critérios ambientais, sociais e regulatórios.

Por fim, não foi possível obter a informação sobre a quantidade de energia que poderá ser substituída na cidade de Juazeiro do Norte em vista da instalação do biodigestor. Ele poderá reforçar a escolha otimizada de um dos cenários alternativos pelos gestores públicos, bem como ajudar a definir o melhor uso para essa energia, como em momentos de desabastecimento ou crise da matriz de oferta energética principal da cidade.

5.3 Sugestões para aprofundamento do estudo

Pode-se propor, como avanço para o presente estudo, o uso de micro-dados da cidade de Juazeiro do Norte (base de dados do IBGE e da SEFIN municipal), onde constam os endereços exatos dos tipos de estabelecimentos na cidade, como domicílios particulares, estabelecimentos de saúde e estabelecimentos agropecuários. Com isso, podem-se identificar áreas específicas onde deve ser realizada a coleta seletiva e suas especificidades, a fim de propor rotas tecnológicas mais aderentes à realidade da cidade.

Uma segunda proposição de aprofundamento é a aplicação do PLFC para instalar diferentes facilidades, como ecopontos, centros de triagem e biodigestores, e cada equipamento logístico possui seus custos de instalação e transporte, além dos de operação e manutenção inerentes ao setor de RSU.

Pode ser estudada a elaboração de rotas tecnológicas alternativas para todos os elos da cadeia logística reversa de Juazeiro do Norte - como associações de catadores, cooperativa, central de triagem, ecoponto e biodigestor - de modo que se possa escolher um cenário mais viável para o caso de Juazeiro do Norte observando todo o sistema logístico. Como já mencionado, tais cenários poderão considerar variáveis financeiras, econômicas, sociais, ambientais, regulatórias, logísticas e tecnológicas.

Outro estudo poderia avaliar o sistema logístico reverso da cidade de Juazeiro do Norte incluindo somente as rotas tecnológicas de resíduos especiais, como resíduos da área da saúde e da construção civil, além dos resíduos recicláveis ou reutilizáveis que atualmente não encontram cadeia de comercialização na cidade - por exemplo, o vidro, o pneu e o coco, que são dirigidos para outras cidades onde geram emprego e renda para os catadores.

Também, pode ser feita a avaliação do impacto econômico na cidade no tocante a geração de emprego e renda. Uma vez que forem elaboradas rotas tecnológicas alternativas,

poderão ser respondidas perguntas como: quantos empregos diretos e indiretos cada rota pode gerar? Qual a incremento na renda do catador a partir da sua inserção no trabalho com produtos que ainda não são comercializados na cidade de Juazeiro do Norte? Estas questões poderiam compor elementos em cada cenário analisado.

Por fim, devem-se estudar fontes de energia alternativa para a cidade, a partir dos RSU, que não o biodigestor. Uma vez elencadas as UGERs – tais como a tecnologia de pirólise e plasma, discutida no capítulo 2, entre outras também indicadas para tratamento de matéria orgânica, como compostagem, poder-se-ia compor uma lista de outras alternativas energéticas em diversos cenários, onde a interrupção ou baixa temporária do fornecimento de energia a partir de uma fonte convencional possa ser suprida por outra fonte de energia proveniente dos RSU. Com isso, a matriz energética da cidade poderia ser diversificada e atender a certos critérios de uso, como a escassez dos recursos.

5.4 Considerações finais

A elaboração de cenários para a logística reversa dos RSU na cidade de Juazeiro do Norte, aliada às políticas e ações propostas neste estudo, são propostas de alternativas ao atual sistema de logística reversa dos RSU que tende a ser implantando na cidade.

Em vistas das ações em curso na cidade de Juazeiro do Norte para instalar ecopontos, centros de triagem, biodigestor, organizar os catadores em um sistema cooperativo e realizar ações de curto prazo que mitiguem a disposição inadequada dos RSU, este estudo se apresenta como uma contribuição incremental a partir da metodologia proposta, de modo que as lideranças possam utilizá-la com dados mais realistas, de modo sistemático e permanente para planejar os cenários desejáveis para a cidade.

Por fim, destaca-se o esforço da AMAJU em minorar os impactos deletérios causados pela disposição inadequada dos RSU na cidade e a contribuição da atual gestão em incluir os catadores na cadeia logística reversa dos RSU, com vista ao fomento de emprego, renda e geração de energia (como reza a PNRS), transformando os resíduos em solução para a cidade, e não os considerando como um problema.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, Ricardo; SPERANZA, Juliana Simões; PETITGAND, Cécile. **Lixo zero: gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera**. São Paulo: Planeta Sustentável. Instituto Ethos. 2013.
- ANDRADE, A. L.; SELEME, A.; RODRIGUES, L. H.; SOUTO, R. **Pensamento Sistêmico: caderno de campo. O desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade**. São Paulo: Bookman, 2006.
- APOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa**. São Paulo: Pioneira, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Estimativas dos custos para viabilizar a universalização da destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: Abrelpe, 2015a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2014**. 2015b. Disponível em: < <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf> >. Acesso em: 20 dez. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2014. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 13 abr. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2013. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 13 abr. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2012. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/panorama_envio.cfm?ano=2012 >. Acesso em: 13 abr. 2015
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2011. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 13 abr. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2010. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 13 abr. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2009. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 13 abr. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Atlas brasileiro de emissões de GEE e potencial energético na destinação de resíduos sólidos**. 2012a. Disponível em:

<http://www.abrelpe.org.br/arquivos/atlas_portugues_2013.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2012b**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 13 abr. 2015.

ATHEY, T. H. **Systematic systems approach**: an integrated method for solving systems problems. 1982.

AUTARQUIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (AMAJU). Projeto de Ecopontos de Juazeiro do Norte. 2016. Arquivos eletrônicos.

AUTARQUIA DE REGULAÇÃO, FISCALIZAÇÃO E CONTROLE DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANEAMENTO AMBIENTAL (ACFOR). **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza Estado do Ceará**: relatório IV. jul. 2012. Disponível em: <http://www.fortaleza.ce.gov.br/sites/default/files/acfor/arquivos_conteudos/pmgirs-contribuicoes_e_complementacoes.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2015.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BELFIORE, P. P. ; FÁVERO, L. P. L. **Pesquisa Operacional para Cursos de Administração, Contabilidade e Economia**. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2012.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**: fundamentos, desenvolvimento e aplicações. 4 ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2009.

BOOTH, W. C.; COLOMB, G. G.; WILLIAMS, J. M. **A arte da pesquisa**. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 ago. 2010**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 03 jun. 2015.

BRASIL. **Projeto de Lei do Senado nº 425 de 2014**. Prorroga o prazo para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos de que trata o art. 54 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. 01 jun. 2015. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/119536>>. Acesso em: 03 jun. 2015.

BRASIL. 5º Aditivo ao contrato nº 2013.06.21.01. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 07 ago. 2015, ano XVII, nº 4065, p. 5. Disponível em: <<http://www2.juazeiro.ce.gov.br/Diario-Oficial/4065-07082015.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

CAIXETA FILHO, José Vicente; CUNHA, Valeriana. **Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos**: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. *Gestão e Produção*, v. 9, n. 2, ago. 2002, p. 143-161.

CARTELLE, J. J.; LARA, M.; CRUZ, M. P de la.; CANO, A. del. *Indicators for assessing sustainability of power plants: environmental, social, economic and technical aspects*. In:

International Conference on Renewable Energies and Power Quality, XV, La Coruña-Espanha, 25 a 27 março 2015.

CEARÁ (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos**. Ceará, 2016, 130 p.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (COEMA). Resolução nº 02, 03 de março 2016.

DANTZIG, G. B. *Linear Programming and Extensions*. Princeton: Princeton University Press, 1963.

ELISA, Ana; CASTRO, Alberto. **Projeto de ecopontos para Juazeiro do Norte**. In: Ciclo de Palestras do Projeto RESURB, 2015, Fortaleza. Apresentação... Fortaleza: GLEN/UFC, 2015.

FISCHER, Erick Markus; KNUTTI, Desafio. Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes. **Nature**, Nature Climate Change, p. 1-6, 27 abr. 2015. Disponível em: <http://www.readcube.com/articles/10.1038%2Fclimate2617?shared_access_token=rdJhKNvrwGVUo13fv_ZCCdRgN0jAjWel9jnR3ZoTv0MiqNJsr0khJzflLkhisC13QsxMd-n4hkS8T2JmzXlf2uwMZAKFkV5iTgbVxX9xe32RmZUcYQ4wqKOPqsQh91OtuNDU_7aV5Eh0F2-ryoaU4tzyeLQe-s6OqEY6qrN17HFdiguaUKQMsXEUP_EurA5uvLib0tAiZHdcW_IxxQuecv-iSaZQ1v-fhwmlbpXA6rY4%3D>. Acesso em: 30 abr. 2015.

FROYLAND, G.; STUART, R. M.; SEBILLE, E. How well-connected is the surface of the global ocean? **Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science**, n. 24, 2014.

FURLAN, Walter. **Modelo de decisão para escolha de tecnologia para o tratamento de resíduos sólidos no âmbito de um município**. Tese (Doutorado em Administração). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2007.

G7 – GROUP OF SEVEN. **Leader's declaration**. In: G7 MEETING, Schloss Elmau, 7-8 Jun. 2015. Anais... Schloss Elmau: G7, 2015.

GHIANI; Gianpaolo; GUERRIERO, Francesca; MUSMANNO, Roberto. *The capacitated plant location problem with multiple facilities in the same site*. **Computers & Operations Research**, 29, p. 1903-1912, 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. Rio de Janeiro: Record, 2004

GREENWOOD, Ernest. **Métodos de investigação empírica em sociologia**. In: *Análise Social*, nº 11, Lisboa, 1965. Disponível em: <<http://analisesocial.ics.ul.pt/documentos/1224164262K2IAE9wd1Ui39AM8.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

GRUPO DE RESIDUOS SÓLIDOS (GRS) / UNIVERSIDADE FEDERAL DE

PERNAMBUCO (UFPE). **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão.** Jaboaão dos Guararapes – PE: Grupo de Resíduos Sólidos, jul. 2014.

HEEDE, Richard. *Tracing anthropogenic carbon dioxide and methane emissions to fossil fuel and cement producers, 1854–2010.* Climatic Change, 22 nov. 2013, p. 229-241.

Hui Zhou; YanQiu Long; AiHong Meng; QingHai Li; YanGuo Zhang. *Interactions of three municipal solid waste components during co-pyrolysis.* Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2015, p. 265-271.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Censo de 2010.** Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/> >. Acesso em: 14 maio 2016.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Estatística do cadastro central de empresas. – 2014.** Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=230730&idtema=155&search=ceara|juazeiro-do-norte|estatisticas-do-cadastro-central-de-empresas-2014> >. Acesso em: 14 abr. 2016.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **IPCC 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014, 151 p.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA (IPEA). **Pesquisa sobre o pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos.** Relatório de Pesquisa. 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA (IPEA). **Diagnóstico sobre os catadores de resíduos sólidos.** Relatório de Pesquisa. 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil básico municipal 2014: Juazeiro do Norte.** Disponível em: < http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2014/Juazeiro_do_Norte.pdf >. Acesso em: 18 mar. 2016.

JUAZEIRO DO NORTE (Município). **Plano diretor de desenvolvimento urbano do município de Juazeiro do Norte.** Legislação básica - lei de parcelamento, uso e ocupação do solo, 2000a.

JUAZEIRO DO NORTE (Município). **Lei nº 2.569, de setembro de 2000.** 2000b.

JUAZEIRO DO NORTE (Município). **Lei complementar nº 10,** de 19 de maio de 2006, 2006.

KLINGHOFFER, N. B.; CASTALDI, M. J. *Waste to energy conversion technology.* Cambridge: Woodhead, 2013.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica.** 4 ed. São

Paulo: Atlas, 2004.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber**: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Porto Alegre: Artmed, 1999.

LIMA, Cláudio Ricardo Gomes. **Análise socioambiental da área do lixão do Jangurussu (Fortaleza-Ce) e os impactos na comunidade do entorno**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP, 2013a.

LIMA, José Dantas; JUCÁ, José Fernando Thomé; NÓBREGA, Claudia Coutinho; MARIANO, Maria Odete de Holanda; CARVALHO JÚNIOR, Francisco Humberto; LIMA, Maria Tereza Campelo. **Modelo de apoio a decisão para alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na região Nordeste do Brasil**. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales, v. 6, n. 3, 6 dez. 2013b, p. 11-28.

MICROSOFT. **Especificações e limites do Microsoft Excel**. Versão 2010. Disponível em: <<https://support.office.com/pt-br/article/Especifica%25C3%25A7%25C3%25B5es-e-limites-do-Microsoft-Excel-1672b34d-7043-467e-8e27-269d656771c3?ui=pt-BR&rs=pt-BR&ad=BR>>. Acesso em: 29 jun. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**. Brasília, agosto, 2012.

MINISTÉRIO DA SAÚDE/DATASUS. **Datasus**. Disponível em: <<http://datasus.saude.gov.br/>>. Acesso em: 18 abr 2016.

Ming-Che Lai; Han-suk Sohn; Tzu-Liang Tseng; Chunkuan Chiang. *A hybrid algorithm for capacitated plant location problem*. **Transportation Research Part E**, volume 37, p. 8599-8605, dez. 2010.

MORESI, Eduardo Amadeu Dutra. **Monitoração ambiental e complexidade**. Tese (Doutorado em Ciência da Informação). Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

NASCIMENTO, Thatiany. **Aumento da vida útil do aterro depende da queda na geração de lixo**. 1 jun. 2015. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/aumento-de-vida-util-do-aterro-depende-da-queda-na-geracao-de-lixo-1.1305754>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

NEVES, Maria. **Soluções para o lixo variam conforme as cidades, diz especialista**. Nov. 2011. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/CIDADES/206246-SOLUCOES-PARA-O-LIXO-VARIAM-CONFORME-AS-CIDADES,-DIZ-ESPECIALISTA.html>>. Acesso em: 04 set. 2015.

PAVAN, Margareth de Cássia Oliveira. **Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos: avaliação e diretrizes para tecnologias potencialmente aplicáveis no Brasil**. Tese (Doutorado em Energia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SCHRAGE, LINUS. *Optimization modeling with LINGO*. 5 ed. Thomsom Publishing Company, 1999.

SOUZA, M. A.; FUSS, M.; VARELLA, C. V. S.; LIMA, F. P. A. **Lixo zero**: por uma rota tecnológica alinhada às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: PEREIRA, C. J.; GOES, F. L. (Org.). *Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional*. Rio de Janeiro: Ipea, 2016.

POLZER, Verônica Rosária. **Gestão dos resíduos sólidos urbanos domiciliares em São Paulo e Vancouver**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.

ROMERO, T. **Lixo energético**. 29 ago. 2007. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/print/lixo_energetico/7668/>. Acesso em: 23 mar. 2016.

RÔMULO, Costa. **Um ano após lei, Ceará mantém 284 lixões irregulares**. Disponível em: <<http://www.opovo.com.br/app/opovo/cotidiano/2015/07/31/noticiasjornalcotidiano,3477116/dois-anos-apos-lei-ceara-mantem-284-lixoes-irregulares.shtml>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

SANTOS, Milton; SILVEIRA, Maria Laura. **O Brasil**: território e sociedade no início do século XXI. 2 ed. Rio de Janeiro: Record, 2001.

SANTOS, Gemelle Oliveira; SAMPAIO, Glória Maria Marinho; RODRIGUES, Kelly Araújo. **Análise da Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas sob Influência do Lixão do Jangurussu (Fortaleza/CE) como Subsídio às Práticas Comunitárias em Educação Ambiental e de Saúde**. 2010. Disponível em: <<http://sigeti.mct.gov.br/fundos/rel/ctl/ctl.php?act=projeto.visualizar&idp=17197>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

SOUZA, Marcelo Alves *et al.* **Lixo zero**: por uma rota tecnológica alinhada às diretrizes da política nacional de resíduos sólidos. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/160331_livro_catadores_cap_18.pdf>. Acesso em: 21 maio 2015.

TAHA, H. A. **Pesquisa operacional**: uma visão geral. 8 ed. São Paulo: Pearson, 2008

TCHOBANOGLIOUS, George.; KREITH, Frank. **Handbook of solid waste management**. 2 ed. McGRAW-HILL: S.l., 2002.

THEMELIS, Nickolas J.; BARRIGA Maria E. D.; ESTEVEZ, Paula; VELASCO, Maria G. **Guidebook for the application of waste to energy technologies in latin america and the caribbean**. Earth engineering center, Columbia University. Julho, 2013. Disponível em: <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/files/WTEGuidebook_IDB.pdf>. Acesso em: 15 out. 2015.

TORRES, J. J. M. **Teoria da complexidade**: uma nova visão de mundo para a estratégia. In: EBEC, I, PUC/PR, Curitiba, Paraná, 11 a 13 jul. 2005.

TRIVIÑOS, A. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE RESÍDUOS (UERJ - LAR). **Tecnologia e plasma**. Mar. 2011. Disponível em:

<<http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/Palestras/ISeminarioGAP2011/ArtigoTecnologiaPlasmaUERJLAR.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2016.

VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.

WESTINGHOUSE PLASMA CORPORATION. **Reaproveitamento de resíduos: gaseificação por plasma**. Apresentação, 2015a.

WESTINGHOUSE PLASMA CORPORATION . **Westinghouse Plasma is the next generation of waste to energy gasification technology**. Disponível em: <http://www.westinghouse-plasma.com/waste_to_energy/>. Acesso em: 03 nov. 2015b.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

Caro Senhor (a),

Estou realizando uma pesquisa sobre Resíduos Sólidos Urbanos com apoio da Universidade Federal do Ceará, todas as informações prestadas serão consideradas confidenciais e utilizadas com finalidade acadêmica. O senhor (a), pode contribuir com algumas informações?

Agradeço sua colaboração!

SEÇÃO 1 – ASSOCIAÇÃO

1. Qual é a quantidade total de RSU coletada na cidade?

_____ Toneladas/ano

TIPO DE MATERIAL	%
Material Reciclável	%
*Metais	%
Aço	%
Alumínio	%
*Papel, papelão e tretapak	%
*Plástico total	%
Plástico filme	%
Plástico rígido	%
*Vidro	%
Matéria Orgânica	%
Outros	%
TOTAL	100,00%

2. Quais os tipos de meio de transporte utilizado para coleta de RSU? Quantas unidades de cada meio de transporte existem? Qual é o valor pago pela coleta de RSU (R\$/Ton.) em cada tipo de meio de transporte? Quais são os seus destinos desses meios de transporte? Pode descrever o fluxo/rota desses meios de transporte
3. Em relação ao serviço de coleta/transporte dos RSU: Qual o tipo de administração/responsável? De que forma é a execução de serviços? E quantos empregados possui?

Administração/Responsável	Execução de serviços	Total de Empregados
()Diretamente o Município; ()Empresa pública específica; ()Empresa de economia mista; ()Consórcios entre municípios	()Direta; ()Terceirização; ()Concessão; ()Permissão/Autorização;	

4. Existem associações ou cooperativas de catadores de material reciclável? Quantas são? Qual é o endereço? Quantos catadores são cadastrados em cada uma? Qual é o destino dos materiais dessas associações? Existe apoio da prefeitura para essas associações?
5. Quantos catadores avulsos existem? Existe apoio da prefeitura para essas pessoas?
6. Quais são as dificuldades/problemas vivenciados pelos catadores na coleta/transporte de RSU?

SEÇÃO 2 – ECOPONTOS

7. Qual é a quantidade de RSU enviado aos Ecopontos?

_____ Toneladas/ano

TIPO DE MATERIAL	%
Material Reciclável	%
*Metais	%
Aço	%
Alumínio	%
*Papel, papelão e tretapak	%
*Plástico total	%
Plástico filme	%
Plástico rígido	%
*Vidro	%
Matéria Orgânica	%
Outros	%
TOTAL	100,00%

8. Em relação aos Ecopontos: Qual é a sua localização? Qual o tipo de administração/responsável? De que forma é a execução de serviços? Qual é o tamanho da área? E quantos empregados possui?

Localização do ponto de triagem	Administração/Responsável	Execução de serviços	Tamanho da Área (m ²)	Total de Empregados
	()Diretamente o Município; ()Empresa pública específica; ()Empresa de economia mista; ()Consórcios entre municípios	()Direta; ()Terceirização; ()Concessão; ()Permissão/Autorização;		

9. Quais procedimentos realizados no Ecoponto?
10. Quais são as dificuldades/problemas a serem vivenciados nos Ecopontos?

SEÇÃO 3 – GERENCIAMENTO DOS RSU EM JUAZEIRO

SUBSISTEMA DE GERAÇÃO

11. Como funciona o processo de logística reversa dos RSU na cidade de Juazeiro do Norte? Quais os atores envolvidos?
12. Quantas pessoas estão empregadas no processo de logística reversa dos RSU na cidade? Qual a renda média de cada um dos envolvidos?
13. Qual é a quantidade total de resíduos sólidos urbanos gerados pela cidade de Juazeiro do Norte? E por cada bairro/zona da cidade?
14. Existe triagem de RSU nos domicílios? Caso sim, quantas toneladas por ano e qual é o percentual por tipo de RSU?

Sim _____ Toneladas/ano

Não

TIPO DE MATERIAL	%
Material Reciclável	%
*Metais	%
Aço	%
Alumínio	%
*Papel, papelão e tretapak	%
*Plástico total	%
Plástico filme	%
Plástico rígido	%
*Vidro	%
Matéria Orgânica	%
Outros	%
TOTAL	100,00%

15. Quais são as dificuldades/problemas vivenciados pelos geradores de RSU?

SUBSISTEMA DE COLETA/TRANSPORTE

16. Como funciona o sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos na cidade? É seletiva? Qual é a frequência de coleta?
17. Quanto à prefeitura paga para ser executado o serviço de varrição?
_____R\$
18. Existe diferença na forma de coleta/transporte dos resíduos de varrição para os outros tipos de RSU? Qual diferença? E qual o valor pago por os tipos de serviço de coleta?
19. Existe um sistema de informação formal dos órgãos públicos para a população municipal sobre dias e horas da coleta? Como esse sistema de informação?

20. Qual é a quantidade total de RSU coletada no município?

_____Toneladas/ano

TIPO DE MATERIAL	%
Material Reciclável	%
*Metais	%
Aço	%
Alumínio	%
*Papel, papelão e tretapak	%
*Plástico total	%
Plástico filme	%
Plástico rígido	%
*Vidro	%
Matéria Orgânica	%
Outros	%
TOTAL	100,00%

21. Existem Ecopontos?

Sim _____ Unidades

Não

22. Qual é a quantidade de RSU enviado aos Ecopontos?

_____Toneladas/ano

TIPO DE MATERIAL	%
Material Reciclável	%
*Metais	%
Aço	%
Alumínio	%
*Papel, papelão e tretapak	%
*Plástico total	%
Plástico filme	%
Plástico rígido	%
*Vidro	%
Matéria Orgânica	%
Outros	%
TOTAL	100,00%

23. Em relação aos Ecopontos: Qual é a sua localização? Qual o tipo de administração/responsável? De que forma é a execução de serviços? Qual é o tamanho da área? E quantos empregados possui?

Localização do ponto de triagem	Administração/Responsável	Execução de serviços	Tamanho da Área (m ²)	Total de Empregados
	()Diretamente o Município; ()Empresa pública específica; ()Empresa de economia mista; ()Consórcios entre municípios	()Direta; ()Terceirização; ()Concessão; ()Permissão/Autorização;		

24. Quais os tipos de meio de transporte utilizado para coleta de RSU? Quantas unidades de cada meio de transporte existem? Qual é o valor pago pela coleta de RSU (R\$/Ton.) em cada tipo de meio de transporte? Quais são os seus destinos desses meios de transporte? Pode descrever o fluxo/rota desses meios de transporte?
25. Em relação ao serviço de coleta/transporte dos RSU: Qual o tipo de administração/responsável? De que forma é a execução de serviços? E quantos empregados possui?

Administração/Responsável	Execução de serviços	Total de Empregados
()Diretamente o Município; ()Empresa pública específica; ()Empresa de economia mista; ()Consórcios entre municípios	()Direta; ()Terceirização; ()Concessão; ()Permissão/Autorização;	

26. Existem associações ou cooperativas de catadores de material reciclável? Quantas são? Qual é o endereço? Quantos catadores são cadastrados em cada uma? Qual é o destino dos materiais dessas associações? Existe apoio da prefeitura para essas associações?
27. Quantos catadores avulsos existem? Existe apoio da prefeitura para essas pessoas?
28. Quais são as dificuldades/problemas vivenciados pelos catadores na coleta/transporte de RSU?
29. Quais são as dificuldades/problemas vivenciados pelas empresas de coleta/transporte de RSU?

SUBSISTEMA DE TRIAGEM

30. Existem centros de triagem?

Sim _____ Unidades

Não

31. Em relação aos centros de triagem: Qual é a sua localização? Qual o tipo de administração/responsável? De que forma é a execução de serviços? Qual é o tamanho da área? E quantos empregados possui?

Localização do ponto de triagem	Administração/Responsável	Execução de serviços	Tamanho da Área (m ²)	Total de Empregados
	()Diretamente o Município; ()Empresa pública específica; ()Empresa de economia mista; ()Consórcios entre municípios	()Direta; ()Terceirização; ()Concessão; ()Permissão/Autorização;		

32. Qual é a quantidade de RSU separado em cada centro de triagem? Qual é o preço de venda de cada material?

_____ Toneladas/ano

TIPO DE MATERIAL	%	PREÇO DE VENDA
Material Reciclável	%	R\$/Ton.
*Metais	%	
Aço	%	
Alumínio	%	
*Papel, papelão e tretapak	%	
*Plástico total	%	
Plástico filme	%	
Plástico rígido	%	
*Vidro	%	
Matéria Orgânica	%	
Outros	%	
TOTAL	100,00%	

33. Quais são as dificuldades/problemas vivenciados nos centros de triagem de RSU?

SUBSISTEMA DE REUTILIZAÇÃO/RECICLAGEM

34. Existem indústrias de reutilização/reciclagem de RSU na cidade ? Caso sim, quantos?

Sim _____ Unidades

Não

35. Em relação as indústrias de reutilização/reciclagem: Qual é a sua localização? Qual o tipo de administração/responsável? De que forma é a execução de serviços? Qual é o tamanho da área? E quantos empregados possui?

Localização do ponto	Administração/Responsável	Tamanho da Área (m ²)	Total de Empregados

36. Qual é a quantidade de RSU reutilizado/reciclado e qual é o preço de venda dos produtos?

_____ Toneladas/ano

TIPO DE MATERIAL	%	PREÇO DE VENDA
Material Reciclável	%	R\$/Ton.
*Metais	%	
Aço	%	
Alumínio	%	
*Papel, papelão e tretapak	%	
*Plástico total	%	
Plástico filme	%	
Plástico rígido	%	
*Vidro	%	
Outros	%	
TOTAL	100,00%	

37. Quais são as dificuldades/problemas vivenciados pela indústria de reutilização/reciclagem de RSU?

SUBSISTEMA DE TRATAMENTO

38. Existe algum centro de tratamento de RSU? Caso sim, qual é o tipo de tratamento e qual é a quantidade de RSU tratada?

Sim

Não

Aterro sanitário com geração de energia

Digestão anaeróbica

Compostagem

Tratamento térmico

_____ Toneladas/ano

TIPO DE MATERIAL	%	PREÇO DE VENDA
Material Reciclável	%	R\$/Ton.
*Metais	%	
Aço	%	
Alumínio	%	
*Papel, papelão e tretapak	%	
*Plástico total	%	
Plástico filme	%	
Plástico rígido	%	
*Vidro	%	
Matéria Orgânica	%	
Outros	%	
TOTAL	100,00%	

39. Em relação aos centros de tratamento de RSU: Qual é a sua localização? Qual o tipo de administração/responsável? De que forma é a execução de serviços? Qual é o tamanho da área? E quantos empregados possui?

Localização do Centro de Tratamento	Administração/Responsável	Execução de serviços	Tamanho da Área (m ²)	Total de Empregados
	()Diretamente o Município; ()Empresa pública específica; ()Empresa de economia mista; ()Consórcios entre municípios	()Direta; ()Terceirização; ()Concessão; ()Permissão/Autorização;		

40. Quais são as dificuldades/problemas vivenciados nos centros de tratamento de RSU?

SUBSISTEMA DE DISPOSIÇÃO FINAL

41. Existe alguma unidade de disposição final de RSU? Caso sim, qual é o tipo de disposição final e qual é a quantidade de RSU disposto nele?

Sim Não

Lixão/aterro comum

Aterro controlado

Aterro sanitário

_____Toneladas/ano

TIPO DE MATERIAL	%	PREÇO POR DISPOSIÇÃO DE RSU
Material Reciclável	%	R\$/Ton.
*Metais	%	
Aço	%	

TIPO DE MATERIAL	%	PREÇO POR DISPOSIÇÃO DE RSU
Alumínio	%	
*Papel, papelão e tretapak	%	
*Plástico total	%	
Plástico filme	%	
Plástico rígido	%	
*Vidro	%	
Matéria Orgânica	%	
Outros	%	
TOTAL	100,00%	

42. Em relação às unidades de disposição final de RSU: Qual é a sua localização? Qual o tipo de administração/responsável? De que forma é a execução de serviços? Qual é o tamanho da área? E quantos empregados possui?

Localização da unidade de Disposição Final	Administração/Responsável	Execução de serviços	Tamanho da Área (m ²)	Total de Empregados
	()Diretamente o Município; ()Empresa pública específica; ()Empresa de economia mista; ()Consórcios entre municípios	()Direta; ()Terceirização; ()Concessão; ()Permissão/Autorização;		

43. Quais são as dificuldades/problemas vivenciados nessas unidades de disposição final?

44. Essas unidades geram energia, quanto? Qual a finalidade?

PLANEJAMENTO E INTERVENÇÕES FUTURAS

45. Existem atividades de educação ambiental nas escolas para conscientizar sobre uma correta gestão dos resíduos sólidos?

46. O que está sendo feito pela cidade para que a gestão de RSU esteja de acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS)? Existem consórcios firmados ou em fase de negociação para gestão de RSU conjunta com outros municípios?

47. Existe algum planejamento realizado para a instalação de unidades de Ecopontos, Centros de triagem, Centros de Tratamento e Centro de Destinação Final de RSU ?
Em qual endereço?

48. Quais endereços da cidade disponíveis para abrigar a instalação de unidades de Ecopontos, Centros de triagem, Centros de Tratamento e Centro de Destinação Final de RSU ?

SEÇÃO 4 – AMBIENTAL

49. Qual é a composição Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos gerados pela cidade de Juazeiro do Norte?

TIPO DE MATERIAL	%
Material Reciclável	%
*Metais	%
Aço	%
Alumínio	%
*Papel, papelão e tretapak	%
*Plástico total	%
Plástico filme	%
Plástico rígido	%
*Vidro	%
Matéria Orgânica	%
Outros	%
TOTAL	100,00%

50. Qual o volume de RSU é desviado do lixão da Palmeirinha para ser reciclado ou reutilizado?
51. Qual o investimento com a saúde pública os órgãos públicos direcionam para o enfrentamento da má disposição dos resíduos? Seja na via pública, aterros ou lixões.
52. Quais áreas da cidade podem ser mais afetadas, sob o ponto de vista ambiental, por uma má gestão dos resíduos sólidos?
53. É realizada fiscalização sobre a disposição inadequada do lixo nas vias públicas, em locais proibidos ou no meio ambiente em geral? Pode explicar como ocorre essa fiscalização?
54. Quais os impactos os resíduos sólidos têm gerado na cidade?

**ANEXO A - VARIÁVEIS CONDICIONANTES DA VIABILIDADE DAS
TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL**

Autores	Dimensões	Variáveis
Souza <i>et al.</i> (2016)	Aspecto econômico	<ul style="list-style-type: none"> • Despesa de capital (<i>capital expenditure</i> – Capex); • Despesas operacionais (<i>operational expenditure</i> – Opex); • Custo por tonelada.
	Aspecto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Taxa de desvio de material (do aterramento); • Indicador de lixo zero (<i>zero waste index</i> – ZWI); • Energia total substituída; • Redução de emissões de GEEs; • Economia de água.
	Aspecto Social	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de geração de trabalho e renda; • Capacidade de inclusão socioprodutiva; • Potencial de educação e desenvolvimento de uma cultura ambiental.
GRS/UFPE (2014)	Aspectos técnico-econômicos	<p align="center">Custos de instalação, operação e manutenção associados às diferentes tecnologias, bem como suas especificidades:</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • Triagem: aquisição do terreno, construção dos galpões, unidades administrativas e baias de armazenamento, mão-de-obra e encargos, compra de equipamentos. • Compostagem: custos com infraestrutura, aquisição de equipamentos e utensílios, mão-de-obra, propaganda e <i>marketing</i>. • Digestão anaeróbia: mão-de-obra, insumos, seguros. • Incineração: insumos, mão-de-obra, reparos, seguros, disposição do rejeito. • Aterros: aquisição do terreno, equipamentos, móveis e utensílios, taxas, projetos executivos, construção de galpão, guarita, escritórios, banheiros, vestiários, refeitório, cerca e muro.
		<p align="center">Mercado referente aos produtos derivados dos diferentes tipos de tratamento, como materiais reciclados, compostos orgânicos e valorização energética:</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • Materiais reciclados: volume dos tipos de matérias reciclados, preço dos materiais recicláveis e da matéria-prima virgem, custo de transporte; • Compostos orgânicos: preço do composto orgânico, quantidade demanda pelo mercado; • Valorização energética: evolução do consumo de energia, densidade demográfica, extensão da rede de distribuição, preço de venda da energia.
		<p align="center">Cobrança do sistema de gestão de RSU:</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • Taxas • Tarifas

	Socioambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Emissões atmosféricas de GEE • Consumo de água • Consumo de energia • Valor dos imóveis próximos as unidade de tratamento ou destinação final de resíduos • Barulhos • Odores • Intrusão visual • Aumento do tráfego no entorno da UGER • Contaminação de corpos de água • Geração de emprego e renda
	Institucional	<ul style="list-style-type: none"> • Aspectos regulatórios e legais

Fonte: Elaborado a partir de Souza *et al.* (2016); GRS/UFPE (2014).

Indicadores Ambientais
<ul style="list-style-type: none"> • M1: Aquecimento Global: emissões de dióxido de carbono contribuindo com o aumento da temperatura média do clima da terra • M2: Depleção da camada de ozônio: emissões clorofluorocarbonetos, entre outras substâncias, que contribuem para a destruição da camada de ozônio. • M3: Acidificação: são emissões de substâncias acidificantes, como SO₂ (dióxido de enxofre) e NO_x (óxido de azoto). Estas substâncias podem persistir no ar por até alguns dias e se transportado ao longo de milhares de quilômetros, quando submetidos a conversão química em ácidos sulfúrico e nítrico. • M4: Radiação ionizante: é a radiação que carrega energia suficiente para retirar elétrons dos átomos e quebrar ligações químicas, o que cria íons altamente reativos. • M5: Eutrofização: é poluição química das águas causada por uma oferta excessiva de substâncias artificiais e naturais, principalmente fosfatos e nitratos, a um ecossistema aquático, levando a redução da biodiversidade. • M6: Metais pesados: são emissões de metais ou metaloides que não podem ser degradados e tendem a bioacumulação e biomagnificarem, podendo causar efeitos físicos e psicológicos em seres humanos. São exemplos desses metais: crômio, cobalto, níquel, cobre, zinco, arsênio, selênio, prata, cádmio, antimônio, mercúrio, tálio e chumbo. • M7: Agentes cancerígenos: qualquer substância, radionuclídeo ou radiação que é um agente diretamente envolvido na causa do câncer pode ser considerado uma substância cancerígena. Alguns dos agentes cancerígenos mais comuns são: benzeno (C₆H₆), flúor (F), etilbenzeno (C₈H₁₀) e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH). • M8: Poluição atmosférica de inverno: a camada de ar frio fica mais perto do chão e a camada quente mais distante, havendo alta humidade e baixas temperaturas, com altas partículas de SO₂ em suspensão no ar. • M9: Poluição atmosférica de verão: poluentes primários e compostos orgânicos voláteis dispersos na atmosfera entram em uma reação química quando em contato com a luz solar produzindo diferentes e perigosos produtos secundários. • M10: Geração de resíduos convencionais: é a quantidade de resíduos depositados em aterros convencionais, acarretando problemas logísticos de tratamento, eliminação, acompanhamento. Com isso, havendo implicações econômicas, sociais e ambientais. • M11: Geração de resíduos especiais: é a quantidade de resíduos depositados em aterros especiais. • M12: Geração de resíduos de alto nível: materiais que excedem níveis de radioatividade e semi-vida superior a 30 anos. • M13: Geração de resíduos de baixo nível: inclui materiais radioativos com um nível intermédio ou baixo e semi-vida inferior a 30 anos. • M14: Geração de resíduos estéril: materiais com um nível radioatividade não perigoso para a saúde

humana e o ambiente.

- M15: Reservas disponíveis de combustíveis e de matérias-primas: recursos energéticos não-renováveis e limitados, como combustíveis fósseis e minerais.
- M16: Uso da terra: ocupação de extensões de terras que poderiam ser usados para outros fins, implicando a existência de um custo marginal no uso da terra.
- M17: Ruído: ruídos gerados durante o ciclo de vida em consideração
- M18: Odores: odores gerados durante o ciclo de vida em consideração
- M19: Impacto do alcance geográfico: facilidade de adoção de respostas aos impactos ambientais causados.

Indicadores Sociais

- S1: Geração de empregos: considera o emprego direto e indireto gerado durante o ciclo de vida da unidade de geração de energia sob consideração.
- S2: Deslocamento da população: instalação da usina em uma área desabitada ou escassamente povoada, que depois cresce em população ou o efeito oposto pode ocorrer.
- S3: Prestações sociais: mede a possibilidade de criação de uma usina em zonas distantes de áreas altamente industrializadas. Isso ajuda a avaliar o impulso econômico para áreas menos desenvolvidas, descentralizando a produção de energia e resultando em igualdade e desenvolvimento. Este indicador também inclui os benefícios derivados da construção de escolas, centros esportivos e outras infraestruturas financiadas pela usina.
- S4: Risco de acidentes de construção: inclui acidentes de qualquer tipo durante a construção da usina.
- S5: Risco de acidentes de operação e manutenção: acidentes de qualquer tipo durante a operação e manutenção da usina.
- S6: Risco de acidentes externos: inclui o resto de eventuais acidentes que não são consideradas nos indicadores S4 e S5.
- S7: Impacto visual: avalia a estética de instalações da usina e como a poluição visual que prejudica o meio ambiente que o rodeia.
- S8: Aceitabilidade social: trata-se da coleta da opinião do público leigo sobre cada tipo de sistema de energia. Seu objetivo é avaliar a oposição social para cada usina.
- S9: Efeito sobre orçamento público: alguns sistemas de energia se beneficiam de vantagens financeiras, como prêmios, taxas especiais, bônus para regimes especiais de produção de eletricidade, de ajudas ao investimento, entre outros. Estas vantagens têm uma repercussão sobre o orçamento público. Eles também têm uma repercussão social, porque o dinheiro poderia ser alocado em educação, por exemplo.

Indicadores econômicos

- E1: Levantamento de custos: incluem equipamentos, máquinas, acessórios e mão-de-obra necessária para extrair a matéria-prima ou combustível utilizado.
- E2: Pré-tratamento de custos de enriquecimento: é o processo de lavagem, moagem, secagem, refino, destilação, enriquecedora, eliminando impurezas e outros processos necessários para queimar o combustível na usina em questão.
- E3: Custo de transporte: é o custo de transporte do combustível usado como matéria-prima na usina.
- E4: Custo Engenharia: inclui a concepção da planta e, em geral, todas as infraestruturas e edifícios necessários.
- E5: Custo do equipamento do processo: inclui caldeiras, alternadores, sistemas de controle e de monitoração, turbinas, turbinas eólicas, condensadores, reatores nucleares, painéis solares, tubulação, geradores de vapor, todos os equipamentos necessários para a planta.
- E6: Custo de obras civis: relacionados à aquisição de terrenos, de terraplanagem, escavação e montagem de todos os edifícios e infraestruturas necessárias.
- E7: Custo do combustível e das emissões de CO₂: inclui o custo de comprar o combustível (a partir do

qual E1, E2 e E3 será deduzido, quando for o caso) e custo da compra de direitos de emissão de CO₂.

- E8: Operação e manutenção de custos: inclui custos fixos e variáveis.
- E9: Custo de desmobilização: inclui o custo de desmantelamento do equipamento, demolição de obras civis, remoção de equipamentos e materiais, limpeza e restauração das áreas afetadas e medidas para restauração.
- E10: Subsídios: incluir todas as vantagens financeiras de que uma usina pode ter, como uma ajuda do Estado no investimento inicial da usina.

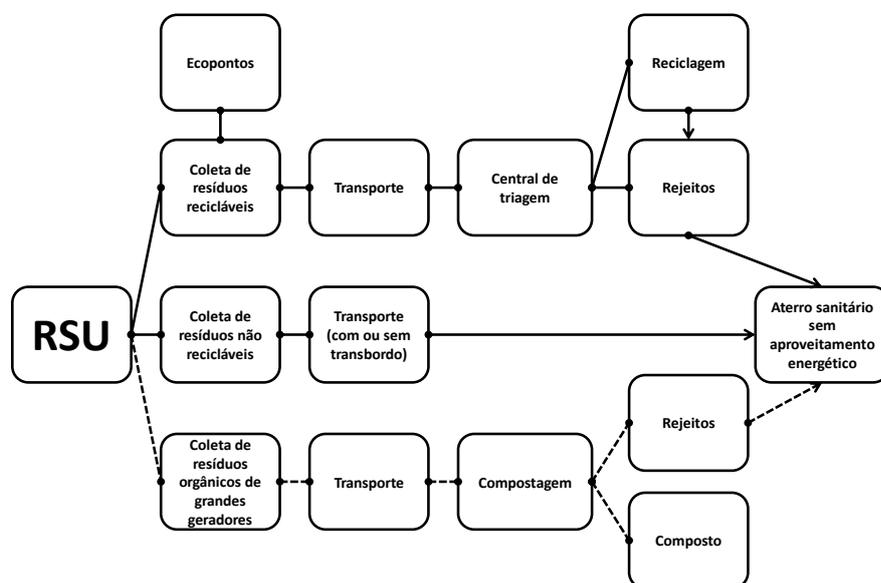
Indicadores técnico-funcionais

- T1: Confiança no fornecimento de eletricidade: trata-se de considerar interrupções na produção de energia devido a avarias, falhas ou problemas durante o abastecimento de energia. Obviamente, é necessário o uso de sistemas alternativos para satisfazer a procura não satisfeita.
- T2: Variabilidade e regularidade do fornecimento de eletricidade: alguns sistemas de energia dependem de fenômenos como a ocorrência de ventos ou a radiação solar, entre outros, portanto, eles não podem produzir energia a qualquer momento. Esta variabilidade é um ponto fraco, porque eles não podem cobrir toda a demanda de energia.
- T3: A estabilidade da cadeia de fornecimento de energia: a variabilidade na produção de energia faz com que as quedas de tensão (como a instabilidades produzir energia, entre outros problemas) sejam difíceis de serem absorvidas pela rede eléctrica estabelecida.
- T4: Incerteza em geração: embora certos sistemas de energia gerem instabilidades, nem todos eles têm o mesmo grau de incerteza (por exemplo, a intensidade da radiação solar tende a alterar de forma mais gradual do que a velocidade do vento). Este indicador mede o grau de incerteza no aparecimento de instabilidades.
- T5: Gerenciabilidade da geração energética: este indicador avalia o quão fácil é adotar medidas em resposta às instabilidades que são produzidos por certas usinas de energia antes de ser integrado na rede eléctrica.
- T6: Maturidade: é um aspecto importante no planejamento energético a médio e longo prazo. Deve ser tida em conta a possibilidade de que novas tecnologias tornem a usina comercialmente viável. É necessário prestar especial atenção às suas fases de desenvolvimento, o estado em que se encontram no momento da análise e seus estados futuros (dentro do horizonte temporal do estudo).

Fonte: Adaptado a partir Cartelle *et al.* (2015).

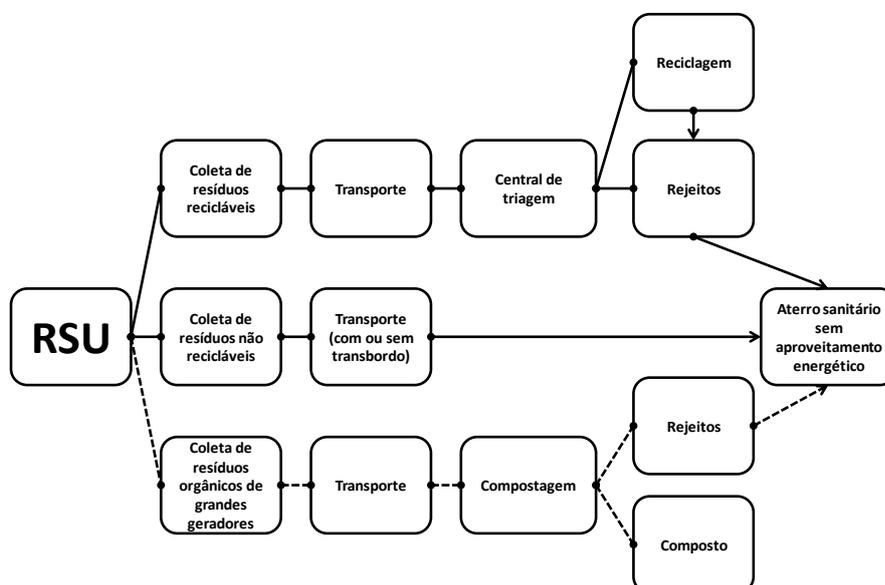
ANEXO B – ROTAS TECNOLÓGICAS

Rota tecnológica para municípios com população interior a 30 mil habitantes



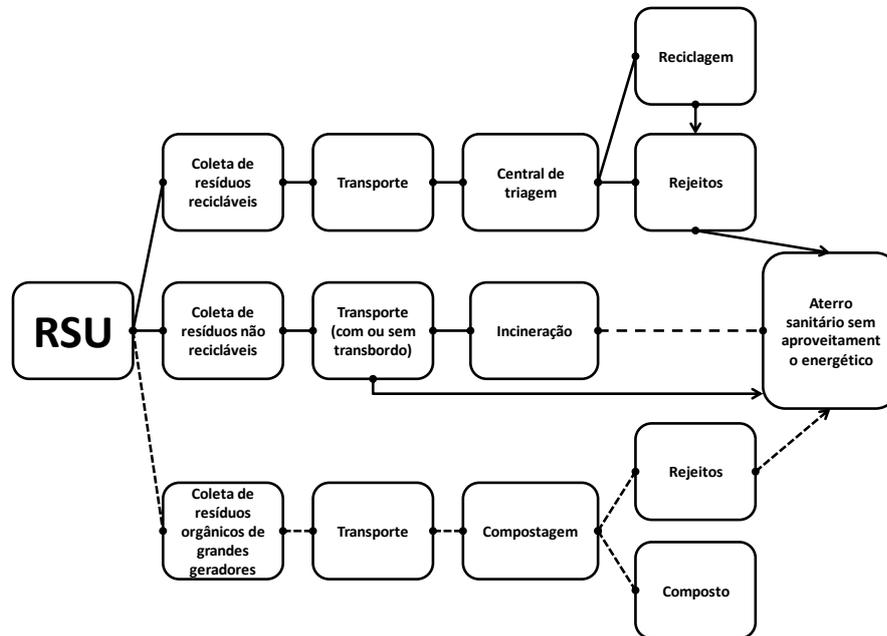
Fonte: GRS/UFPE (2014, p. 151)

Rota tecnológica para municípios com população entre 30 mil e 250 mil habitantes.



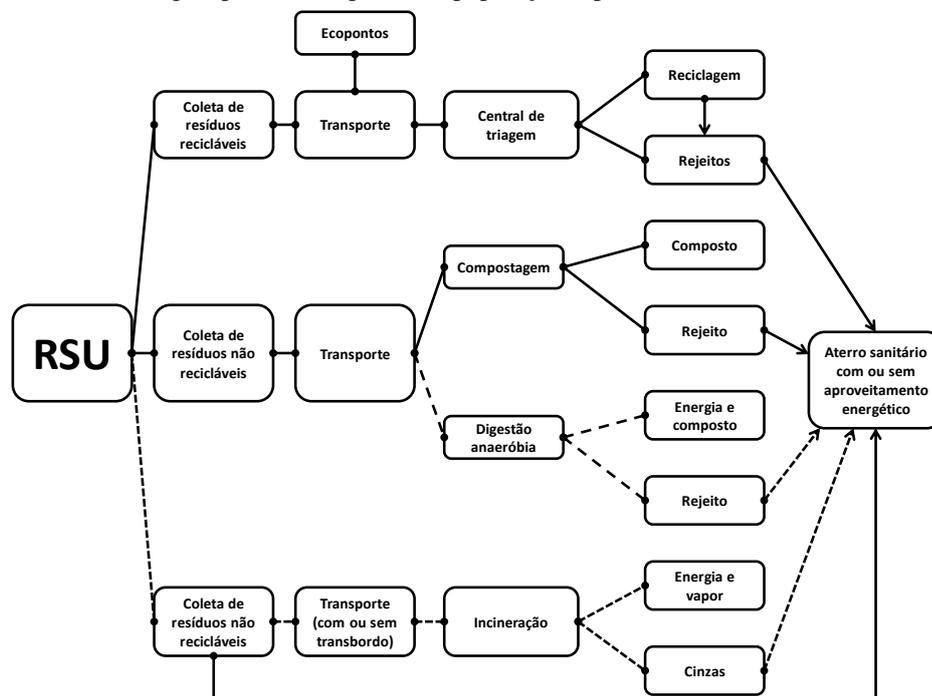
Fonte: GRS/UFPE (2014, p. 153)

Rota tecnológica para municípios com população entre 250 mil e 1.000.000 habitantes.



Fonte: GRS/UFPE (2014, p. 154)

Rota tecnológica para municípios com população superior a 1.000.000 habitantes.



Fonte: GRS/UFPE (2014, p. 156)

ANEXO C – ESTUDO DA CADEIA PRODUTIVA DE RESÍDUOS PARA GERAÇÃO DE RENDA E ENERGIA – PROJETO RESURB

Dia	Palestra	Palestrante	Cargo
19/04/2015	Geração de Energia a partir de Resíduos: O Estado da Arte	Dr. Expedito Junior	Diretor da ALS Bioenergy
13/08/2015	Resíduos Sólidos Urbanos: Gestão e Tecnologia	Prof. Dr. João José Hiluy Filho	Professor do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará (UFC)
09/09/2015	Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	Dr. Alceu Galvão	Titular da Coordenadoria de Saneamento Ambiental (Cosan)
21/09/2015	Tecnologias Renováveis de Geração de Energia	Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho	Professor do Programa de Pós-Graduação em Energia Elétrica da Universidade Federal do Ceará (UFC)
01/10/2015	O Sistema de Gestão dos Resíduos em Juazeiro do Norte	Dr. José Eraldo Oliveira Costa	Superintendente da Autarquia Municipal do Meio Ambiente de Juazeiro do Norte – Ce
08/10/2015	Estado da Arte das Metodologias de Avaliação de Empreendimentos de Grande Impacto Social	Prof. Dr. Francisco Gildemir Ferreira da Silva	Professor da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará (UFC)

ANEXO D – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS

MATRIZ DA DISTANCIA ENTRE CENTRO GEOGRÁFICO DA ZGL E ECOPONTO

ZONA	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Z18	Z19	Z20	Z21	Z22	Z23	Z24
Z1	0.00	1.00	4.90	3.72	3.30	2.51	2.39	2.25	1.64	0.90	1.18	1.00	3.84	2.94	1.96	3.27	4.61	3.55	1.97	1.10	1.00	2.20	4.16	5.82
Z2	1.00	0.00	5.91	4.66	4.37	3.56	3.28	3.23	2.70	1.98	1.99	1.22	4.60	3.20	1.65	3.14	4.11	2.80	2.64	1.52	1.00	1.40	4.49	6.33
Z3	4.90	5.91	0.00	3.26	1.55	2.66	3.85	2.80	3.40	3.95	4.47	5.47	2.73	4.92	5.69	6.00	7.78	8.16	3.81	4.72	5.28	6.64	4.76	4.60
Z4	3.72	4.66	3.26	0.00	2.48	1.72	1.40	3.19	3.24	3.09	2.65	3.67	4.62	5.66	5.44	6.47	8.09	7.10	4.19	4.36	4.66	5.95	6.26	7.00
Z5	3.30	4.37	1.55	2.48	0.00	1.20	2.57	1.37	1.92	2.40	2.94	3.93	2.15	3.82	4.32	4.81	6.58	6.76	2.52	3.28	3.78	5.17	4.04	4.55
Z6	2.51	3.56	2.66	1.72	1.20	0.00	1.32	1.50	1.64	1.62	1.80	2.87	3.16	3.95	3.88	4.81	6.64	5.60	2.50	2.83	3.22	4.60	4.56	5.46
Z7	2.39	3.28	3.85	1.40	2.57	1.32	0.00	2.62	2.40	1.93	1.26	2.25	4.32	4.70	4.26	5.39	6.90	4.71	3.34	3.24	3.41	4.62	5.61	6.68
Z8	2.25	3.23	2.80	3.19	1.37	1.50	2.62	0.00	0.65	1.40	2.39	3.15	1.78	2.53	2.95	3.53	5.28	5.89	1.13	2.00	2.59	3.85	3.05	4.10
Z9	1.64	2.70	3.40	3.24	1.92	1.64	2.40	0.65	0.00	0.86	1.88	2.51	2.27	2.37	2.44	3.16	4.88	5.23	0.92	1.37	1.90	3.23	3.12	4.48
Z10	0.90	1.98	3.95	3.09	2.40	1.62	1.93	1.40	0.86	0.00	1.08	1.73	3.08	2.86	2.43	3.48	5.06	4.46	1.51	1.32	1.67	2.97	3.87	5.29
Z11	1.18	1.99	4.47	2.65	2.94	1.80	1.26	2.39	1.88	1.08	0.00	1.10	4.10	3.91	3.11	4.40	5.78	3.81	2.67	2.19	2.28	3.35	4.98	6.37
Z12	1.00	1.22	5.47	3.67	3.93	2.87	2.25	3.15	2.51	1.73	1.10	0.00	4.72	3.92	2.72	4.12	5.25	2.85	2.94	2.08	1.85	2.63	5.14	6.80
Z13	3.84	4.60	2.73	4.62	2.15	3.16	4.32	1.78	2.27	3.08	4.10	4.72	0.00	2.42	3.67	3.51	5.31	7.39	1.96	3.13	3.73	4.79	2.05	2.40
Z14	2.94	3.20	4.92	5.66	3.82	3.95	4.70	2.53	2.37	2.86	3.91	3.92	2.42	0.00	1.70	1.12	2.87	6.03	1.47	1.85	2.18	2.74	1.34	3.30
Z15	1.96	1.65	5.69	5.44	4.32	3.88	4.26	2.95	2.44	2.43	3.11	2.72	3.67	1.70	0.00	1.48	2.67	4.36	1.89	1.11	0.89	1.10	3.09	5.01
Z16	3.27	3.14	6.00	6.47	4.81	4.81	5.39	3.53	3.16	3.48	4.40	4.12	3.51	1.12	1.48	0.00	1.78	5.78	2.31	2.22	2.29	2.23	2.09	4.06
Z17	4.61	4.11	7.78	8.09	6.58	6.64	6.90	5.28	4.88	5.06	5.78	5.25	5.31	2.87	2.67	1.78	0.00	6.10	4.07	3.70	3.51	2.73	3.56	5.34
Z18	3.55	2.80	8.16	7.10	6.76	5.60	4.71	5.89	5.23	4.46	3.81	2.85	7.39	6.03	4.36	5.78	6.10	0.00	5.46	4.39	3.84	3.52	7.34	9.20
Z19	1.97	2.64	3.81	4.19	2.52	2.50	3.34	1.13	0.92	1.51	2.67	2.94	1.96	1.47	1.89	2.31	4.07	5.46	0.00	1.20	1.78	2.92	2.28	3.83
Z20	1.10	1.52	4.72	4.36	3.28	2.83	3.24	2.00	1.37	1.32	2.19	2.08	3.13	1.85	1.11	2.22	3.70	4.39	1.20	0.00	0.57	1.87	3.08	4.86
Z21	1.00	1.00	5.28	4.66	3.78	3.22	3.41	2.59	1.90	1.67	2.28	1.85	3.73	2.18	0.89	2.29	3.51	3.84	1.78	0.57	0.00	1.33	3.48	5.38
Z22	2.20	1.40	6.64	5.95	5.17	4.60	4.62	3.85	3.23	2.97	3.35	2.63	4.79	2.74	1.10	2.23	2.73	3.52	2.92	1.87	1.33	0.00	4.10	6.00
Z23	4.16	4.49	4.76	6.26	4.04	4.56	5.61	3.05	3.12	3.87	4.98	5.14	2.05	1.34	3.09	2.09	3.56	7.34	2.28	3.08	3.48	4.10	0.00	2.00
Z24	5.82	6.33	4.60	7.00	4.55	5.46	6.68	4.10	4.48	5.29	6.37	6.80	2.40	3.30	5.01	4.06	5.34	9.20	3.83	4.86	5.38	6.00	2.00	0.00

MATRIZ DO CUSTO DE TRANSPORTE ENTRE CENTRO GEOGRÁFICO DA ZGL E ECOPONTO

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
Z1	5,85	6,11	6,16	6,22	6,27	6,20	6,16	6,19	6,04	6,03	6,08	6,13	6,11	6,08	5,88	5,99	5,89	6,07	5,95	5,94	5,97	6,02	6,01	6,00
Z2	5,80	5,55	5,70	5,83	5,81	5,80	5,74	5,72	5,69	5,68	5,62	5,62	5,61	5,86	5,76	5,66	5,77	5,89	5,73	5,71	5,66	5,67	5,70	5,86
Z3	5,84	5,70	5,55	5,98	5,95	5,92	5,84	5,84	5,81	5,82	5,77	5,73	5,70	5,99	5,83	5,74	5,84	5,97	5,76	5,80	5,77	5,68	5,74	5,98
Z4	6,70	6,62	6,79	6,30	6,70	6,43	6,50	6,63	6,54	6,53	6,57	6,58	6,65	6,51	6,73	6,72	6,75	6,95	6,80	6,62	6,62	6,75	6,83	6,60
Z5	6,59	6,44	6,59	6,54	6,15	6,39	6,33	6,30	6,40	6,40	6,40	6,40	6,48	6,61	6,61	6,56	6,63	6,85	6,68	6,51	6,53	6,58	6,62	6,71
Z6	6,68	6,58	6,72	6,43	6,55	6,30	6,36	6,49	6,58	6,53	6,50	6,53	6,58	6,53	6,71	6,68	6,76	6,96	6,81	6,63	6,66	6,68	6,75	6,64
Z7	6,48	6,36	6,48	6,34	6,33	6,21	6,15	6,27	6,33	6,30	6,30	6,32	6,35	6,44	6,52	6,47	6,53	6,72	6,58	6,39	6,43	6,53	6,52	6,56
Z8	6,51	6,33	6,47	6,47	6,30	6,33	6,27	6,15	6,35	6,33	6,33	6,28	6,33	6,55	6,54	6,49	6,57	6,75	6,61	6,43	6,46	6,48	6,55	6,59
Z9	5,88	5,84	5,97	5,92	5,93	5,95	5,87	5,89	5,70	5,72	5,79	5,89	5,89	5,88	5,89	5,89	5,91	6,08	5,95	5,76	5,81	5,92	5,95	5,93
Z10	5,72	5,68	5,82	5,76	5,77	5,76	5,69	5,72	5,57	5,55	5,62	5,72	5,73	5,78	5,73	5,71	5,75	5,93	5,80	5,63	5,66	5,77	5,79	5,78
Z11	5,77	5,62	5,77	5,79	5,77	5,72	5,68	5,72	5,64	5,62	5,55	5,63	5,67	5,81	5,76	5,71	5,77	5,96	5,79	5,67	5,69	5,75	5,76	5,81
Z12	5,82	5,62	5,73	5,80	5,78	5,76	5,71	5,67	5,73	5,72	5,63	5,55	5,60	5,91	5,83	5,74	5,84	6,04	5,82	5,76	5,76	5,73	5,77	5,89
Z13	5,80	5,61	5,70	5,86	5,84	5,80	5,73	5,72	5,74	5,73	5,67	5,60	5,55	5,94	5,83	5,71	5,83	5,93	5,77	5,78	5,73	5,70	5,73	5,93
Z14	6,55	6,65	6,80	6,51	6,77	6,53	6,60	6,71	6,50	6,56	6,60	6,70	6,74	6,30	6,56	6,69	6,58	6,80	6,63	6,54	6,60	6,70	6,73	6,41
Z15	5,88	6,07	6,14	6,25	6,29	6,23	6,20	6,22	6,05	6,04	6,07	6,15	6,14	6,09	5,85	5,96	5,87	6,06	5,93	5,96	5,96	6,02	6,00	6,03
Z16	5,84	5,81	5,90	6,08	6,08	6,05	6,00	6,02	5,89	5,87	5,87	5,89	5,86	6,05	5,80	5,70	5,81	5,97	5,77	5,82	5,78	5,73	5,77	5,99
Z17	6,34	6,55	6,63	6,75	6,79	6,76	6,69	6,73	6,53	6,53	6,55	6,63	6,62	6,58	6,32	6,43	6,30	6,54	6,39	6,43	6,43	6,50	6,48	6,51
Z18	6,85	7,01	7,10	7,28	7,35	7,29	7,21	7,24	7,04	7,05	7,09	7,19	7,06	7,12	6,84	6,92	6,85	6,60	6,82	6,96	6,94	6,90	6,92	7,02
Z19	5,49	5,57	5,60	5,83	5,86	5,84	5,78	5,81	5,64	5,64	5,64	5,66	5,62	5,68	5,47	5,46	5,48	5,58	5,40	5,56	5,52	5,49	5,48	5,62
Z20	5,63	5,71	5,80	5,83	5,88	5,84	5,77	5,80	5,61	5,63	5,67	5,76	5,78	5,76	5,65	5,67	5,67	5,85	5,72	5,55	5,59	5,73	5,73	5,73
Z21	5,66	5,66	5,77	5,83	5,89	5,87	5,80	5,83	5,66	5,66	5,69	5,76	5,73	5,81	5,65	5,63	5,67	5,84	5,68	5,59	5,55	5,64	5,68	5,78
Z22	5,71	5,67	5,68	5,94	5,94	5,88	5,89	5,85	5,76	5,77	5,75	5,73	5,70	5,90	5,71	5,58	5,72	5,81	5,64	5,73	5,64	5,55	5,61	5,87
Z23	5,86	5,85	5,89	6,18	6,13	6,10	6,04	6,07	5,95	5,95	5,91	5,92	5,89	6,09	5,85	5,77	5,86	5,97	5,79	5,89	5,84	5,76	5,70	6,06
Z24	5,69	5,86	5,98	5,81	6,06	5,85	5,92	5,95	5,78	5,78	5,81	5,89	5,93	5,65	5,72	5,83	5,73	5,91	5,78	5,73	5,78	5,87	5,90	5,55

DEMANDA E OFERTA DE RESÍDUOS RECÍCLAVEIS PARA OS ECOPONTOS E ZGL

ECOPONTO	DEMANDA POR RESÍDUOS (kg)
E1	21.250
E2	21.250
E3	21.250
E4	21.250
E5	21.250
E6	21.250
E7	21.250
E8	21.250
E9	21.250
E10	21.250
E11	21.250
E12	21.250
E13	21.250
E14	21.250
E15	21.250
E16	21.250
E17	21.250
E18	21.250
E19	21.250
E20	21.250
E21	21.250
E22	21.250
E23	21.250
E24	21.250

ZONA GERADORA DE LIXO (ZGL)	OFERTA DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS (kg)
Z1	2.234,66
Z2	1.280,40
Z3	1.476,23
Z4	3.407,37
Z5	2.617,57
Z6	3.480,63
Z7	2.769,24
Z8	2.677,59
Z9	1.859,32
Z10	1.384,85
Z11	1.384,76
Z12	1.364,57
Z13	1.409,27
Z15	3.046,63
Z15	2.486,54
Z16	1.643,21
Z17	3.398,36
Z18	4.294,49
Z19	782,14
Z20	1.409,18
Z21	1.031,94
Z22	1.483,35
Z23	1.888,25
Z24	1.189,47

Global optimal solution found.

Objective value: 64.12000
 Objective bound: 64.12000
 Infeasibilities: 0.000000
 Extended solver steps: 25
 Total solver iterations: 27075

Variable	Value	Reduced Cost
Z4_Z3	1.000000	3.260000
Z4_Z5	1.000000	2.480000
Z4_Z6	1.000000	1.720000
Z4_Z7	1.000000	1.400000
Z6_Z1	1.000000	2.510000
Z6_Z2	1.000000	3.560000
Z6_Z8	1.000000	1.500000
Z6_Z9	1.000000	1.640000
Z6_Z10	1.000000	1.620000
Z6_Z11	1.000000	1.800000
Z6_Z12	1.000000	2.870000
Z6_Z13	1.000000	3.160000
Z6_Z19	1.000000	2.500000
Z6_Z20	1.000000	2.830000
Z6_Z21	1.000000	3.220000
Z17_Z14	1.000000	2.870000
Z17_Z15	1.000000	2.670000
Z17_Z16	1.000000	1.780000
Z17_Z18	1.000000	6.100000
Z17_Z22	1.000000	2.730000
Z17_Z23	1.000000	3.560000
Z17_Z24	1.000000	5.340000
Y4	1.000000	1.000000
Y6	1.000000	1.000000
Y17	1.000000	1.000000
Z4_Z4	1.000000	0.000000
Z17_Z17	1.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
ZONA1	0.000000	0.000000
ZONA2	0.000000	0.000000
ZONA3	0.000000	0.000000
ZONA4	0.000000	0.000000
ZONA5	0.000000	0.000000
ZONA6	0.000000	0.000000
ZONA7	0.000000	0.000000
ZONA8	0.000000	0.000000
ZONA9	0.000000	0.000000
ZONA10	0.000000	0.000000
ZONA11	0.000000	0.000000
ZONA12	0.000000	0.000000
ZONA13	0.000000	0.000000
ZONA14	0.000000	0.000000
ZONA15	0.000000	0.000000
ZONA16	0.000000	0.000000
ZONA17	0.000000	0.000000
ZONA18	0.000000	0.000000
ZONA19	0.000000	0.000000
ZONA20	0.000000	0.000000
ZONA21	0.000000	0.000000
ZONA22	0.000000	0.000000
ZONA23	0.000000	0.000000
ZONA24	0.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000
30	0.000000	0.000000
32	0.000000	0.000000

33	0.000000	0.000000
34	0.000000	0.000000
35	0.000000	0.000000
36	0.000000	0.000000
37	0.000000	0.000000
38	0.000000	0.000000
39	0.000000	0.000000
40	0.000000	0.000000
41	0.000000	0.000000
43	0.000000	0.000000
44	0.000000	0.000000
45	0.000000	0.000000
46	0.000000	0.000000
47	0.000000	0.000000
48	0.000000	0.000000
49	0.000000	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000
52	0.000000	0.000000
53	0.000000	0.000000
55	0.000000	0.000000
56	0.000000	0.000000
57	0.000000	0.000000
58	0.000000	0.000000
59	0.000000	0.000000
60	0.000000	0.000000
61	0.000000	0.000000
62	0.000000	0.000000
63	0.000000	0.000000
64	0.000000	0.000000
65	0.000000	0.000000
66	0.000000	0.000000
68	0.000000	0.000000
69	0.000000	0.000000
70	0.000000	0.000000
71	0.000000	0.000000
72	0.000000	0.000000
73	0.000000	0.000000
74	0.000000	0.000000
75	0.000000	0.000000
76	0.000000	0.000000
77	0.000000	0.000000
79	0.000000	0.000000
80	0.000000	0.000000
81	0.000000	0.000000
82	0.000000	0.000000
83	0.000000	0.000000
84	0.000000	0.000000
85	0.000000	0.000000
86	0.000000	0.000000
87	0.000000	0.000000
88	0.000000	0.000000
89	0.000000	0.000000
90	0.000000	0.000000
92	0.000000	0.000000
93	0.000000	0.000000
94	0.000000	0.000000
95	0.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000
98	0.000000	0.000000
99	0.000000	0.000000
100	0.000000	0.000000
101	0.000000	0.000000
102	0.000000	0.000000
103	0.000000	0.000000
105	0.000000	0.000000

544	0.000000	0.000000	618	0.000000	0.000000
545	0.000000	0.000000	619	0.000000	0.000000
546	0.000000	0.000000	620	0.000000	0.000000
548	0.000000	0.000000	621	0.000000	0.000000
549	0.000000	0.000000	622	0.000000	0.000000
550	0.000000	0.000000	623	0.000000	0.000000
551	0.000000	0.000000	624	0.000000	0.000000
552	0.000000	0.000000	625	0.000000	0.000000
553	0.000000	0.000000	626	0.000000	0.000000
554	0.000000	0.000000			
555	0.000000	0.000000			
556	0.000000	0.000000			
557	0.000000	0.000000			
559	0.000000	0.000000			
561	0.000000	0.000000			
562	0.000000	0.000000			
563	0.000000	0.000000			
564	0.000000	0.000000			
565	0.000000	0.000000			
566	0.000000	0.000000			
567	0.000000	0.000000			
568	0.000000	0.000000			
569	0.000000	0.000000			
570	0.000000	0.000000			
571	0.000000	0.000000			
572	0.000000	0.000000			
573	0.000000	0.000000			
574	0.000000	0.000000			
575	0.000000	0.000000			
576	0.000000	0.000000			
577	0.000000	0.000000			
578	0.000000	0.000000			
579	0.000000	0.000000			
580	0.000000	0.000000			
581	0.000000	0.000000			
583	0.000000	0.000000			
585	0.000000	0.000000			
586	0.000000	0.000000			
587	0.000000	0.000000			
588	0.000000	0.000000			
589	0.000000	0.000000			
590	0.000000	0.000000			
591	0.000000	0.000000			
592	0.000000	0.000000			
593	0.000000	0.000000			
594	0.000000	0.000000			
595	0.000000	0.000000			
596	0.000000	0.000000			
597	0.000000	0.000000			
598	0.000000	0.000000			
599	0.000000	0.000000			
600	0.000000	0.000000			
601	0.000000	0.000000			
602	0.000000	0.000000			
603	0.000000	0.000000			
604	0.000000	0.000000			
605	0.000000	0.000000			
607	0.000000	0.000000			
609	0.000000	0.000000			
610	0.000000	0.000000			
611	0.000000	0.000000			
612	0.000000	0.000000			
613	0.000000	0.000000			
614	0.000000	0.000000			
615	0.000000	0.000000			
616	0.000000	0.000000			
617	0.000000	0.000000			

Global optimal solution found.		30	0.000000	0.000000
Objective value:	46.77000	32	0.000000	0.000000
Objective bound:	46.77000	34	0.000000	0.000000
Infeasibilities:	0.000000	35	0.000000	0.000000
Extended solver steps:	151	36	0.000000	0.000000
Total solver iterations:	24975	37	0.000000	0.000000

Variable	Value	Reduced Cost			
Z6_Z1	1.000000	2.510000	41	0.000000	0.000000
Z6_Z3	1.000000	2.660000	42	0.000000	0.000000
Z6_Z4	1.000000	1.720000	44	0.000000	0.000000
Z6_Z5	1.000000	1.200000	45	0.000000	0.000000
Z6_Z7	1.000000	1.320000	46	0.000000	0.000000
Z6_Z11	1.000000	1.800000	47	0.000000	0.000000
Z8_Z9	1.000000	0.650000	48	0.000000	0.000000
Z8_Z10	1.000000	1.400000	49	0.000000	0.000000
Z8_Z13	1.000000	1.780000	50	0.000000	0.000000
Z8_Z19	1.000000	1.130000	51	0.000000	0.000000
Z8_Z21	1.000000	2.590000	52	0.000000	0.000000
Z14_Z16	1.000000	1.120000	53	0.000000	0.000000
Z14_Z17	1.000000	2.870000	54	0.000000	0.000000
Z14_Z20	1.000000	1.850000	55	0.000000	0.000000
Z14_Z23	1.000000	1.340000	56	0.000000	0.000000
Z14_Z24	1.000000	3.300000	57	0.000000	0.000000
Z18_Z2	1.000000	2.800000	59	0.000000	0.000000
Z18_Z12	1.000000	2.850000	60	0.000000	0.000000
Z18_Z15	1.000000	4.360000	61	0.000000	0.000000
Z18_Z22	1.000000	3.520000	62	0.000000	0.000000
Y6	1.000000	1.000000	63	0.000000	0.000000
Y8	1.000000	1.000000	65	0.000000	0.000000
Y14	1.000000	1.000000	66	0.000000	0.000000
Y18	1.000000	1.000000	67	0.000000	0.000000
Z6_Z6	1.000000	0.000000	69	0.000000	0.000000
Z8_Z8	1.000000	0.000000	70	0.000000	0.000000
Z14_Z14	1.000000	0.000000	71	0.000000	0.000000
Z18_Z18	1.000000	0.000000	72	0.000000	0.000000
			73	0.000000	0.000000
			74	0.000000	0.000000
			75	0.000000	0.000000
			76	0.000000	0.000000
			77	0.000000	0.000000
			78	0.000000	0.000000
			79	0.000000	0.000000
			81	0.000000	0.000000
			83	0.000000	0.000000
			84	0.000000	0.000000
			85	0.000000	0.000000
			86	0.000000	0.000000
			87	0.000000	0.000000
			89	0.000000	0.000000
			90	0.000000	0.000000
			91	0.000000	0.000000
			92	0.000000	0.000000
			93	0.000000	0.000000
			94	0.000000	0.000000
			95	0.000000	0.000000
			96	0.000000	0.000000
			97	0.000000	0.000000
			98	0.000000	0.000000
			99	0.000000	0.000000
			100	0.000000	0.000000
			101	0.000000	0.000000
			102	0.000000	0.000000
			103	0.000000	0.000000
			104	0.000000	0.000000
			105	0.000000	0.000000
			107	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
ZONA1	0.000000	0.000000
ZONA2	0.000000	0.000000
ZONA3	0.000000	0.000000
ZONA4	0.000000	0.000000
ZONA5	0.000000	0.000000
ZONA6	0.000000	0.000000
ZONA7	0.000000	0.000000
ZONA8	0.000000	0.000000
ZONA9	0.000000	0.000000
ZONA10	0.000000	0.000000
ZONA11	0.000000	0.000000
ZONA12	0.000000	0.000000
ZONA13	0.000000	0.000000
ZONA14	0.000000	0.000000
ZONA15	0.000000	0.000000
ZONA16	0.000000	0.000000
ZONA17	0.000000	0.000000
ZONA18	0.000000	0.000000
ZONA19	0.000000	0.000000
ZONA20	0.000000	0.000000
ZONA21	0.000000	0.000000
ZONA22	0.000000	0.000000
ZONA23	0.000000	0.000000
ZONA24	0.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000
29	0.000000	0.000000

569	0.000000	0.000000
570	0.000000	0.000000
571	0.000000	0.000000
572	0.000000	0.000000
573	0.000000	0.000000
574	0.000000	0.000000
575	0.000000	0.000000
576	0.000000	0.000000
577	0.000000	0.000000
578	0.000000	0.000000
579	0.000000	0.000000
580	0.000000	0.000000
581	0.000000	0.000000
582	0.000000	0.000000
583	0.000000	0.000000
585	0.000000	0.000000
587	0.000000	0.000000
588	0.000000	0.000000
589	0.000000	0.000000
590	0.000000	0.000000
591	0.000000	0.000000
592	0.000000	0.000000
593	0.000000	0.000000
594	0.000000	0.000000
595	0.000000	0.000000
597	0.000000	0.000000
598	0.000000	0.000000
599	0.000000	0.000000
600	0.000000	0.000000
601	0.000000	0.000000
602	0.000000	0.000000
603	0.000000	0.000000
604	0.000000	0.000000
605	0.000000	0.000000
606	0.000000	0.000000
607	0.000000	0.000000
609	0.000000	0.000000
611	0.000000	0.000000
612	0.000000	0.000000
613	0.000000	0.000000
614	0.000000	0.000000
615	0.000000	0.000000
616	0.000000	0.000000
617	0.000000	0.000000
618	0.000000	0.000000
619	0.000000	0.000000
621	0.000000	0.000000
622	0.000000	0.000000
623	0.000000	0.000000
624	0.000000	0.000000
625	0.000000	0.000000
626	0.000000	0.000000

Global optimal solution found.

Objective value: 37.40000
 Objective bound: 37.40000
 Infeasibilities: 0.000000
 Extended solver steps: 2
 Total solver iterations: 2268

			29	0.000000	0.000000
			30	0.000000	0.000000
			32	0.000000	0.000000
			34	0.000000	0.000000
			35	0.000000	0.000000
			36	0.000000	0.000000
			37	0.000000	0.000000
			38	0.000000	0.000000
			41	0.000000	0.000000
			42	0.000000	0.000000
			44	0.000000	0.000000
			45	0.000000	0.000000
			46	0.000000	0.000000
			47	0.000000	0.000000
			48	0.000000	0.000000
			49	0.000000	0.000000
			50	0.000000	0.000000
			51	0.000000	0.000000
			52	0.000000	0.000000
			53	0.000000	0.000000
			54	0.000000	0.000000
			55	0.000000	0.000000
			56	0.000000	0.000000
			57	0.000000	0.000000
			59	0.000000	0.000000
			60	0.000000	0.000000
			61	0.000000	0.000000
			62	0.000000	0.000000
			63	0.000000	0.000000
			66	0.000000	0.000000
			67	0.000000	0.000000
			69	0.000000	0.000000
			70	0.000000	0.000000
			71	0.000000	0.000000
			72	0.000000	0.000000
			73	0.000000	0.000000
			74	0.000000	0.000000
			75	0.000000	0.000000
			76	0.000000	0.000000
			77	0.000000	0.000000
			78	0.000000	0.000000
			79	0.000000	0.000000
			81	0.000000	0.000000
			83	0.000000	0.000000
			84	0.000000	0.000000
			85	0.000000	0.000000
			86	0.000000	0.000000
			87	0.000000	0.000000
			89	0.000000	0.000000
			90	0.000000	0.000000
			91	0.000000	0.000000
			93	0.000000	0.000000
			94	0.000000	0.000000
			95	0.000000	0.000000
			96	0.000000	0.000000
			97	0.000000	0.000000
			98	0.000000	0.000000
			99	0.000000	0.000000
			100	0.000000	0.000000
			101	0.000000	0.000000
			102	0.000000	0.000000
			103	0.000000	0.000000
			104	0.000000	0.000000
			105	0.000000	0.000000
			107	0.000000	0.000000
			108	0.000000	0.000000
			109	0.000000	0.000000
Variable	Value	Reduced Cost			
Z6_Z1	1.000000	2.510000			
Z6_Z3	1.000000	2.660000			
Z6_Z4	1.000000	1.720000			
Z6_Z5	1.000000	1.200000			
Z6_Z7	1.000000	1.320000			
Z6_Z11	1.000000	1.800000			
Z8_Z9	1.000000	0.650000			
Z8_Z10	1.000000	1.400000			
Z8_Z13	1.000000	1.780000			
Z8_Z19	1.000000	1.130000			
Z14_Z16	1.000000	1.120000			
Z14_Z17	1.000000	2.870000			
Z14_Z23	1.000000	1.340000			
Z14_Z24	1.000000	3.300000			
Z15_Z2	1.000000	1.650000			
Z15_Z20	1.000000	1.110000			
Z15_Z21	1.000000	0.890000			
Z15_Z22	1.000000	1.100000			
Z18_Z12	1.000000	2.850000			
Y6	1.000000	1.000000			
Y8	1.000000	1.000000			
Y14	1.000000	1.000000			
Y15	1.000000	1.000000			
Y18	1.000000	1.000000			
Z6_Z6	1.000000	0.000000			
Z8_Z8	1.000000	0.000000			
Z14_Z14	1.000000	0.000000			
Z15_Z15	1.000000	0.000000			
Z18_Z18	1.000000	0.000000			
Row	Slack or Surplus	Dual Price			
ZONA1	0.000000	0.000000			
ZONA2	0.000000	0.000000			
ZONA3	0.000000	0.000000			
ZONA4	0.000000	0.000000			
ZONA5	0.000000	0.000000			
ZONA6	0.000000	0.000000			
ZONA7	0.000000	0.000000			
ZONA8	0.000000	0.000000			
ZONA9	0.000000	0.000000			
ZONA10	0.000000	0.000000			
ZONA11	0.000000	0.000000			
ZONA12	0.000000	0.000000			
ZONA13	0.000000	0.000000			
ZONA14	0.000000	0.000000			
ZONA15	0.000000	0.000000			
ZONA16	0.000000	0.000000			
ZONA17	0.000000	0.000000			
ZONA18	0.000000	0.000000			
ZONA19	0.000000	0.000000			
ZONA20	0.000000	0.000000			
ZONA21	0.000000	0.000000			
ZONA22	0.000000	0.000000			
ZONA23	0.000000	0.000000			
ZONA24	0.000000	0.000000			
26	0.000000	0.000000			
27	0.000000	0.000000			
28	0.000000	0.000000			

271	0.000000	0.000000	351	0.000000	0.000000
273	0.000000	0.000000	354	0.000000	0.000000
274	0.000000	0.000000	355	0.000000	0.000000
275	0.000000	0.000000	357	0.000000	0.000000
276	0.000000	0.000000	358	0.000000	0.000000
277	0.000000	0.000000	359	0.000000	0.000000
278	0.000000	0.000000	360	0.000000	0.000000
279	0.000000	0.000000	361	0.000000	0.000000
282	0.000000	0.000000	362	0.000000	0.000000
283	0.000000	0.000000	363	0.000000	0.000000
285	0.000000	0.000000	364	0.000000	0.000000
286	0.000000	0.000000	365	0.000000	0.000000
287	0.000000	0.000000	366	0.000000	0.000000
288	0.000000	0.000000	367	0.000000	0.000000
289	0.000000	0.000000	369	0.000000	0.000000
290	0.000000	0.000000	371	0.000000	0.000000
291	0.000000	0.000000	372	0.000000	0.000000
292	0.000000	0.000000	373	0.000000	0.000000
293	0.000000	0.000000	374	0.000000	0.000000
294	0.000000	0.000000	375	0.000000	0.000000
295	0.000000	0.000000	376	0.000000	0.000000
296	0.000000	0.000000	378	0.000000	0.000000
297	0.000000	0.000000	379	0.000000	0.000000
299	0.000000	0.000000	381	0.000000	0.000000
300	0.000000	0.000000	382	0.000000	0.000000
301	0.000000	0.000000	383	0.000000	0.000000
302	0.000000	0.000000	384	0.000000	0.000000
303	0.000000	0.000000	385	0.000000	0.000000
306	0.000000	0.000000	386	0.000000	0.000000
307	0.000000	0.000000	387	0.000000	0.000000
309	0.000000	0.000000	388	0.000000	0.000000
310	0.000000	0.000000	389	0.000000	0.000000
311	0.000000	0.000000	390	0.000000	0.000000
312	0.000000	0.000000	391	0.000000	0.000000
313	0.000000	0.000000	393	0.000000	0.000000
314	0.000000	0.000000	395	0.000000	0.000000
315	0.000000	0.000000	396	0.000000	0.000000
316	0.000000	0.000000	397	0.000000	0.000000
317	0.000000	0.000000	398	0.000000	0.000000
318	0.000000	0.000000	399	0.000000	0.000000
319	0.000000	0.000000	401	0.000000	0.000000
321	0.000000	0.000000	402	0.000000	0.000000
323	0.000000	0.000000	403	0.000000	0.000000
324	0.000000	0.000000	405	0.000000	0.000000
325	0.000000	0.000000	406	0.000000	0.000000
326	0.000000	0.000000	407	0.000000	0.000000
327	0.000000	0.000000	408	0.000000	0.000000
330	0.000000	0.000000	409	0.000000	0.000000
331	0.000000	0.000000	410	0.000000	0.000000
332	0.000000	0.000000	411	0.000000	0.000000
333	0.000000	0.000000	412	0.000000	0.000000
334	0.000000	0.000000	413	0.000000	0.000000
335	0.000000	0.000000	414	0.000000	0.000000
336	0.000000	0.000000	415	0.000000	0.000000
337	0.000000	0.000000	417	0.000000	0.000000
338	0.000000	0.000000	419	0.000000	0.000000
339	0.000000	0.000000	420	0.000000	0.000000
340	0.000000	0.000000	421	0.000000	0.000000
341	0.000000	0.000000	422	0.000000	0.000000
342	0.000000	0.000000	423	0.000000	0.000000
343	0.000000	0.000000	424	0.000000	0.000000
345	0.000000	0.000000	426	0.000000	0.000000
346	0.000000	0.000000	427	0.000000	0.000000
347	0.000000	0.000000	429	0.000000	0.000000
348	0.000000	0.000000	430	0.000000	0.000000
349	0.000000	0.000000	431	0.000000	0.000000
350	0.000000	0.000000	432	0.000000	0.000000

433	0.000000	0.000000	513	0.000000	0.000000
434	0.000000	0.000000	515	0.000000	0.000000
435	0.000000	0.000000	516	0.000000	0.000000
436	0.000000	0.000000	517	0.000000	0.000000
437	0.000000	0.000000	518	0.000000	0.000000
438	0.000000	0.000000	519	0.000000	0.000000
439	0.000000	0.000000	521	0.000000	0.000000
441	0.000000	0.000000	522	0.000000	0.000000
443	0.000000	0.000000	523	0.000000	0.000000
444	0.000000	0.000000	525	0.000000	0.000000
445	0.000000	0.000000	526	0.000000	0.000000
446	0.000000	0.000000	527	0.000000	0.000000
447	0.000000	0.000000	528	0.000000	0.000000
448	0.000000	0.000000	529	0.000000	0.000000
450	0.000000	0.000000	530	0.000000	0.000000
451	0.000000	0.000000	531	0.000000	0.000000
453	0.000000	0.000000	532	0.000000	0.000000
454	0.000000	0.000000	533	0.000000	0.000000
455	0.000000	0.000000	534	0.000000	0.000000
456	0.000000	0.000000	535	0.000000	0.000000
457	0.000000	0.000000	537	0.000000	0.000000
458	0.000000	0.000000	539	0.000000	0.000000
459	0.000000	0.000000	540	0.000000	0.000000
460	0.000000	0.000000	541	0.000000	0.000000
461	0.000000	0.000000	542	0.000000	0.000000
462	0.000000	0.000000	543	0.000000	0.000000
463	0.000000	0.000000	545	0.000000	0.000000
465	0.000000	0.000000	546	0.000000	0.000000
467	0.000000	0.000000	547	0.000000	0.000000
468	0.000000	0.000000	549	0.000000	0.000000
469	0.000000	0.000000	550	0.000000	0.000000
470	0.000000	0.000000	551	0.000000	0.000000
471	0.000000	0.000000	552	0.000000	0.000000
474	0.000000	0.000000	553	0.000000	0.000000
475	0.000000	0.000000	554	0.000000	0.000000
476	0.000000	0.000000	555	0.000000	0.000000
477	0.000000	0.000000	556	0.000000	0.000000
478	0.000000	0.000000	557	0.000000	0.000000
479	0.000000	0.000000	558	0.000000	0.000000
480	0.000000	0.000000	559	0.000000	0.000000
481	0.000000	0.000000	561	0.000000	0.000000
482	0.000000	0.000000	563	0.000000	0.000000
483	0.000000	0.000000	564	0.000000	0.000000
484	0.000000	0.000000	565	0.000000	0.000000
485	0.000000	0.000000	566	0.000000	0.000000
486	0.000000	0.000000	567	0.000000	0.000000
487	0.000000	0.000000	569	0.000000	0.000000
489	0.000000	0.000000	570	0.000000	0.000000
490	0.000000	0.000000	571	0.000000	0.000000
491	0.000000	0.000000	573	0.000000	0.000000
492	0.000000	0.000000	574	0.000000	0.000000
493	0.000000	0.000000	575	0.000000	0.000000
494	0.000000	0.000000	576	0.000000	0.000000
495	0.000000	0.000000	577	0.000000	0.000000
498	0.000000	0.000000	578	0.000000	0.000000
499	0.000000	0.000000	579	0.000000	0.000000
501	0.000000	0.000000	580	0.000000	0.000000
502	0.000000	0.000000	581	0.000000	0.000000
503	0.000000	0.000000	582	0.000000	0.000000
504	0.000000	0.000000	583	0.000000	0.000000
505	0.000000	0.000000	585	0.000000	0.000000
506	0.000000	0.000000	587	0.000000	0.000000
507	0.000000	0.000000	588	0.000000	0.000000
508	0.000000	0.000000	589	0.000000	0.000000
509	0.000000	0.000000	590	0.000000	0.000000
510	0.000000	0.000000	591	0.000000	0.000000
511	0.000000	0.000000	592	0.000000	0.000000

594	0.000000	0.000000
595	0.000000	0.000000
597	0.000000	0.000000
598	0.000000	0.000000
599	0.000000	0.000000
600	0.000000	0.000000
601	0.000000	0.000000
602	0.000000	0.000000
603	0.000000	0.000000
604	0.000000	0.000000
605	0.000000	0.000000
606	0.000000	0.000000
607	0.000000	0.000000
609	0.000000	0.000000
611	0.000000	0.000000
612	0.000000	0.000000
613	0.000000	0.000000
614	0.000000	0.000000
615	0.000000	0.000000
616	0.000000	0.000000
618	0.000000	0.000000
619	0.000000	0.000000
621	0.000000	0.000000
622	0.000000	0.000000
623	0.000000	0.000000
624	0.000000	0.000000
625	0.000000	0.000000
626	0.000000	0.000000