

Resíduos sólidos urbanos:

uma narrativa sobre 15 anos
de estudos, projetos e pesquisas

Gemmelle Oliveira Santos

Resíduos



Presidente da República

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro da Educação

Camilo Sobreira de Santana

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ – IFCE

Reitor

Jose Wally Mendonça Menezes

Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação

Joélia Marques de Carvalho

Pró-Reitora de Ensino

Cristiane Borges Braga

Pró-Reitora de Extensão

Ana Claudia Uchôa Araújo

Pró-Reitor de Administração e Planejamento

Reuber Saraiva de Santiago

Pró-Reitor de Gestão de Pessoas

Marcel Ribeiro Mendonça

EDITORA IFCE

Editor Executivo

Tiago Estevam Gonçalves

CONSELHEIROS NATOS

Ana Cláudia Uchoa Araújo

Cristiane Borges Braga

Joélia Marques de Carvalho

Sara Maria Peres de Moraes

Tiago Estevam Gonçalves

CONSELHEIROS TITULARES

Alisandra Cavalcante Fernandes de Almeida

David Moreno Montenegro

Paula Patricia Barbosa Ventura

Josefranci Moraes de Farias Fonteles

Marcilio Costa Teixeira

Marieta Maria Martins Lauar

Barbara Suellen Ferreira Rodrigues

Sebastiao Junior Teixeira Vasconcelos

Nadia Ferreira de Andrade Esmeraldo

Auzuir Ripardo de Alexandria

Francisco Jose Alves de Aquino

Sandro Cesar Silveira Juca

Antonio Cavalcante de Almeida

Beatriz Helena Peixoto Brandao

Joao Eudes Portela de Sousa

Juliana Zani de Almeida

Glauber Carvalho Nobre

Rommulo Celly Lima Siqueira

Harine Matos Maciel

Maria Do Socorro de Assis Braun

Sarah Mesquita Lima

Jose Eranildo Teles do Nascimento

Igor De Moraes Paim

Nara Lidia Mendes Alencar

Meire Celedonio da Silva

Marilene Barbosa Pinheiro

Wendel Alves de Medeiros

Resíduos sólidos urbanos:

uma narrativa sobre 15 anos
de estudos, projetos e pesquisas

Gemmelle Oliveira Santos

Resíduos

Fortaleza - CE, 2025

Fraseologia e língua de sinais: interpretação, estratégias e discurso político. Autora: Andrea Michiles Lemos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE
Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação – PRPI Editora IFCE – EDIFCE

As informações contidas no livro são de inteira responsabilidade dos seus autores.

EDITORA IFCE

Editor Executivo

Tiago Estevam Gonçalves

Editora Adjunta e Normalização

Sara Maria Peres de Moraes

Revisão

Marilene Pinheiro

Projeto Gráfico e Diagramação

Phabrica de Produções:

Alecsander Coelho, Daniela Bissiguini, Érsio Ribeiro, Kauê Rodrigues,
Paulo Ciola, Rebeca Tonello e Thiago Cordeiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
Editora IFCE - EDIFCE

S237r Santos, Gemmelle Oliveira.

Resíduos sólidos urbanos: uma narrativa sobre 15 anos de estudos, projetos e pesquisas.
/ Gemmelle Oliveira Santos.--. Fortaleza: EDIFCE, 2025.

108 p. il. (Coleção Vozes)

E-book no formato PDF 3.100 KB

ISBN: 978-65-84792-62-3 (e-book)

ISBN: 978-65-84792-63-0 (impresso)

DOI: 10.21439/EDIFCE.55

1. Resíduo sólido. 2. Educação ambiental. 3. Coleta seletiva. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. II. EDIFCE. III. Título.

CDD 628

Bibliotecária responsável: Sara Maria Peres de Moraes CRB N° 3/901



Contato

Rua Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426. Fone: (85)34012263 /
E-mail: edifce@ifce.edu.br / Site: editora.ifce.edu.br.

Dedicatória

Não sei por onde andam e como estão, mas dedico esse livro aos estudantes que estiveram, corajosamente, envolvidos comigo em diversos estudos, projetos e pesquisas em resíduos sólidos nos últimos 15 anos, a saber:

Roberto Allyson Abreu Silva, Camila Kellen Oliveira da Silva, Beth Águida Silva Pires, Poliana Pimentel da Silva, Ana Caroline Aguiar Alves, Emanuel Fabrinni de Freitas Costa, Gabriel de Oliveira Monte, Maria Edneuda de Albuquerque, Rennara Herculano Rufino Moreira, Juliane Albino Viana, Daniella Nogueira de Lima, Jéssica Cavalcante de Oliveira, Marcelo José Rodrigues Alves, Carlos Wagner Marques da Silva, Kelson Airton Rodrigues Antonino, Patrícia Oliveira Silva, Jéssika Nhagyla de Carvalho Soares, Annajarah Rodrigues Ferreira Lima, Raquel Russo Silveira Correia, Antônia Lidiane de Sousa Leitão, Rilton Bruno Lima da Silva, Michael Lima Silva, Maria Vânisse Borges de Matos, Samara Castro Freire, Maria Cristina da Cunha Moura, Adálio Rodrigues de Matos, Brena Karoline Valentim Paiva, Ana Patrícia Pereira da Silva, Nirlania Diógenes Leite, Nathália Frota de Carvalho, Eliana Dantas Ribeiro, Suelane Bezerra Pereira, Cássia Liliane Alves Cavalcante, Dorcey Pierre Mavickana Boussamba Mughesa, Thiago Lucas de Lima Lino, Sabrina Rodrigues da Silva, Grazielle do Nascimento Dias, Roberta Kelly Campos Aranha Gomes, Ana Paula Silva Sales, Sandro Moreira Braga.

Dedico também ao professor Roberto Antônio Cordeiro da Silva do Laboratório de Mecânica dos Solos, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará (UFC), pela incontável ajuda em parte das pesquisas aqui citadas.

Dedico também a minha esposa Catarina de Brito Alves e aos meus filhos Levi Alves Santos e Mel Alves Santos. Que um dia eles entendam que o mais importante na vida é crer em Deus e que a educação é a maior e melhor das heranças.

Sumário

Apresentação	8
Introdução	9
1. As pesquisas de 2009	10
2. As pesquisas de 2010	15
3. As pesquisas de 2011	21
4. As pesquisas de 2012	23
5. As pesquisas de 2013	27
6. As pesquisas de 2014	36
7. As pesquisas de 2015	43
8. As pesquisas de 2016	52
9. As pesquisas de 2017	63
10. As pesquisas de 2018	70
11. As pesquisas de 2019	77
12. As pesquisas de 2020	86
13. As pesquisas de 2021	93
14. As pesquisas de 2022	96
15. As pesquisas de 2023	99
Referências	102
Bibliografia Complementar	106
Conclusão	107
Sinopse	108

Apresentação

Eu decidi escrever esse livro porque, em 29 de dezembro de 2023, completei oficialmente 15 anos de trabalho no IFCE (Campus Fortaleza), com vínculo direto ao Departamento da Área de Química e Meio Ambiente, mas também convidado para assumir disciplinas em cursos dos Departamentos da Área da Indústria, Construção Civil e no Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Ao longo desse período, concentrei meus esforços no desenvolvimento de estudos, projetos e pesquisas relacionadas com a temática dos Resíduos Sólidos Urbanos, especialmente com assuntos que dialogaram com a educação ambiental, coleta seletiva, reciclagem, compostagem, incineração, saúde ocupacional de garis e catadores, associações de catadores, aterros sanitários e resíduos especiais (da saúde, indústria, construção civil, entre outros).

O livro, com grande aporte local de dados primários sobre a temática dos Resíduos Sólidos Urbanos, foi a forma que encontrei para reconhecer, valorizar e registrar os conhecimentos construídos em mais de uma década, sendo um auxílio para a formação de recursos humanos locais qualificados na área.

Desejo que o livro agrade aos citados na dedicatória, desperte o interesse de mais estudantes e professores pelo tema, crie na nossa instituição uma percepção ampliada sobre a importância desse assunto, ajudando a justificar a fundação de um Laboratório em Resíduos Sólidos, e na sociedade, espero que o livro permita uma reflexão sobre o desafio a enfrentar em termos de gestão e gerenciamento adequados.

Muito obrigado e boa leitura!



Introdução

A gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos urbanos representam dois grandes desafios para o poder público e sociedade.

Com a publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), no ano de 2010, cresceram as pressões para desativação dos lixões, recuperação das áreas degradadas, construção dos aterros sanitários, implantação da logística reversa e da coleta seletiva com inclusão social e emancipação econômica dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. A PNRS também previu a realização de inventários, a cooperação para pesquisas científicas e tecnológicas bem como para o desenvolvimento de tecnologias limpas aplicáveis aos resíduos sólidos urbanos.

Considerando todos esses temas, o livro é um resumo de estudos, projetos e pesquisas que realizamos entre 2009 e 2023 no IFCE, sendo uma forma de *guardar para sempre* o que foi feito.

Aquele(a)s que dedicarem um único dia para a leitura desse livro terão acesso a muitas informações primárias e dados sobre os Resíduos Sólidos Urbanos, passando a conhecer uma parte dos desafios sociais, econômicos e ambientais inerentes ao tema.

Esperamos que gostem!

1

As pesquisas de 2009

1. Coleta Seletiva: coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição (BRASIL, 2010);
2. Resíduo Sólido: “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (BRASIL, 2010).
3. Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999).

As primeiras pesquisas que realizamos em 2009 trataram da coleta seletiva¹ do IFCE (campus Fortaleza), da saúde ocupacional dos garis e das condições de vida dos catadores que trabalhavam em duas associações de Fortaleza.

Com a pesquisa sobre coleta seletiva, objetivamos conhecer as principais perspectivas e os desafios à efetiva implementação do programa de coleta seletiva do IFCE, campus Fortaleza. Para alcançar esse objetivo, foi observado, durante alguns meses, o comportamento das pessoas com relação ao uso (ou não) dos recipientes de coleta seletiva existentes na instituição, especialmente aqueles distribuídos no pátio central e próximos à cantina.

Em seguida, foi realizada uma revisão da literatura e elaborou-se um questionário com perguntas fechadas e abertas para aplicação com 1.838 estudantes matriculados em diversos cursos da instituição (o maior censo sobre o assunto já realizado no IFCE).

Em 2009, o IFCE campus Fortaleza ofertava 13 cursos tecnológicos nas áreas de química e meio ambiente, artes, construção civil, desenvolvimento social, telemática, mecatrônica, saúde, turismo e hospitalidade, e na modalidade EaD. Além disso, havia quatro licenciaturas (física, matemática, artes visuais e teatro), três bacharelados na área de engenharia (computação, mecatrônica e telecomunicação) e vários cursos técnicos.

Os resultados mostraram que a maioria dos estudantes (86%) conseguia perceber os problemas advindos dos resíduos sólidos² na cidade de Fortaleza,

porém a minoria (35%) tinha informação sobre o destino dado aos resíduos coletados na cidade (aterro sanitário).

Com relação aos resíduos gerados no IFCE campus Fortaleza, 67% dos estudantes se declaravam preocupados com o tema, mas apenas 6% conheciam o destino final dado ao resíduo sólido da instituição. Tais dados apontavam para a necessidade de se trabalhar a temática ambiental, notadamente o tema dos resíduos, de forma transversal em todos os cursos da instituição.

Em outro momento da pesquisa percebemos a importância de se iniciar um intenso trabalho de educação ambiental³ na instituição, quando constatamos que apenas 7% dos estudantes consideravam conhecer em profundidade o tema da coleta seletiva. Esse resultado ajudou a entender a dificuldade de efetivação do programa da instituição. Em outras palavras, mais que recipientes adequados para a segregação de resíduos, a instituição necessitava de pessoas que soubessem como fazer e por que fazer a coleta seletiva.

Outro aspecto também ameaçava o sucesso do programa de coleta seletiva: uma parte dos entrevistados (50,4%) não acreditava na iniciativa e/ou a classificava como uma proposta sem resultados, por isso – na visão de 90% dos entrevistados – todos os estudantes, servidores e visitantes deveriam passar por uma capacitação sobre o assunto. É importante frisar que 29% dos entrevistados afirmaram que não participariam da capacitação, revelando desinteresse pelo tema e agravando a sustentabilidade da iniciativa.

Os resultados alcançados naquele período possibilitaram concluir que os discentes estavam mais preocupados com os resíduos sólidos gerados em Fortaleza que com a situação dos resíduos da própria instituição. Dito de outra forma, eles conseguiam perceber o problema de forma mais ampla sem perceber seu entorno.

Ficou claro o baixo nível de conhecimento dos estudantes sobre o processo de coleta seletiva e sua repercussão negativa no programa existente na instituição. Percebemos quão importante seria a elaboração e execução de um plano institucional de educação ambiental voltado à coleta seletiva dos resíduos sólidos.

Por fim, na pesquisa colocamos como recomendação: a criação de uma comissão oficial com representantes de todas as categorias da instituição para reestruturar o programa de coleta seletiva; o desenvolvimento de um espaço no endereço eletrônico (site) do IFCE campus Fortaleza, para divulgação do programa, publicação de notícias e apresentação de indicadores; a publicação, pela alta administração, da política ambiental da instituição, destacando seu empenho, incentivo e comprometimento com a melhoria contínua do programa de coleta seletiva; e a inserção da discussão sobre o programa de coleta seletiva na programação prevista para recepção de discentes novatos, permitindo sua divulgação aos novos frequentadores da instituição.

Ainda em 2009, fizemos uma pesquisa sobre a saúde ocupacional dos garis de Fortaleza. O objetivo foi conhecer as condições de trabalho, os riscos e os aspectos ocupacionais inerentes ao cotidiano de alguns garis da cidade.

A etapa de campo e realização de entrevistas se deu com 16 garis que trabalhavam tanto no Aterro Sanitário de Caucaia-CE quanto nas ruas da cidade. Também foi realizada observação direta do processo de trabalho com fotos e filmagens.

Na época, os trabalhadores entrevistados tinham entre 22 e 62 anos. Os

trabalhadores com idade mais avançada exerciam atividades classificadas por eles como mais leves (varrição de praças, por exemplo), enquanto os garis mais jovens trabalhavam diretamente com a coleta de resíduos pelas ruas, em que era notável um acelerado ritmo de trabalho e a exigência de vigor físico. Para os mais jovens, aquele trabalho representava também a primeira oportunidade formal de emprego.

O tempo de exposição aos riscos provenientes do trabalho com resíduos sólidos, bem como suas consequências, eram diferentes para cada grupo, visto que alguns entrevistados estavam na profissão de gari há 15 anos e outros estavam há menos de um ano.

Quando interrogados a respeito de sua renda mensal, surgiram valores que variaram de dois salários mínimos (em 2009, o salário mínimo no Brasil era R\$ 465,00). É importante destacar que todos os entrevistados recebiam adicional de insalubridade⁴ pelo serviço realizado, mas o percentual variava de acordo com a função do gari: aqueles que coletavam resíduos pelas ruas e/ou trabalhavam no aterro sanitário recebiam adicional de insalubridade de 40% em relação ao valor do salário mínimo, enquanto os garis da “varrição” recebiam 20%.

Na época da pesquisa, 2009, apenas 3 garis possuíam o ensino médio completo e 1 nunca tinha estudado. A baixa escolaridade estava vinculada à necessidade de abandonar os estudos para ajudar no sustento da família.

Diferentemente de algumas pesquisas encontradas na literatura, os garis entrevistados em Fortaleza, naquele período, afirmavam não ingerir bebidas alcoólicas durante o horário de trabalho, devido à presença de um fiscal e às penalidades aplicadas pela empresa quando essa prática é observada (demissão por justa causa, por exemplo).

Em momento oportuno, os trabalhadores foram questionados quanto ao recebimento de treinamento adequado para a execução de suas atividades. Na época, todos responderam ter recebido

4. A Norma Regulamentadora - NR nº 15 considera insalubridade de grau máximo o trabalho ou operações em contato permanente com o lixo urbano (coleta e industrialização).

treinamento, com exceção de um entrevistado que entendia ter recebido uma instrução e não um treinamento.

Com relação aos acidentes de trabalho, metade do grupo tinha sofrido (ou presenciado) algum tipo de acidente, a saber: atropelamento; pancada na cabeça; torções nos joelhos e tornozelos; cortes com materiais perfurocortantes; problemas de coluna; e queda do caminhão de coleta. Apenas dois entrevistados disseram que comentavam sobre esses acontecimentos na empresa e/ou com a família.

As partes do corpo mais afetadas pelo trabalho (na visão dos garis entrevistados) eram, em ordem decrescente, a coluna, os pés e os joelhos. Assim, a própria locomoção dos trabalhadores estava sendo comprometida em função do esforço físico, da variação desse esforço ao longo da coleta, da presença de objetos pesados e da inadequação das condições de trabalho. Também foi citada a ardência nos olhos devido à poeira que atingia os trabalhadores durante suas atividades (que podia provocar desconforto, perda momentânea da visão, problemas respiratórios e pulmonares).

Um dos entrevistados mencionou a ocorrência de câimbras nas pernas, outro afirmou sentir dores nos braços (provavelmente devido ao esforço feito para levantar peso e arremessar resíduos no caminhão compactador) e um terceiro relatou que se cortou no próprio veículo coletor e precisou ficar afastado do serviço por dois meses em função da gravidade do ferimento.

O odor dos resíduos e o ruído emitido pelos compactadores também interferiam na saúde dos trabalhadores. Dois entrevistados, por exemplo, disseram ter a sensação de ouvir cada vez menos. Não só o aparelho auditivo era afetado pelo ruído; outros efeitos foram apontados como resultantes desse tipo de exposição: cansaço; fadiga mental; tensão muscular; irritação; problemas gástricos; e perda de concentração.

Por fim, investigaram-se junto aos trabalhadores aspectos relacionados à

carga psíquica. A análise dos dados apontou que o trabalho do gari era repetitivo, exigia muita concentração, era insalubre, causava sofrimento e sem possibilidade de crescimento na profissão.

Os resultados alcançados possibilitaram concluir, naquele período, que o mau acondicionamento dos resíduos sólidos por parte da população impactava diretamente na saúde do trabalhador; as condições de trabalho não eram de boa qualidade (pela impossibilidade de se conseguir anular a condição insalubre do serviço) e a participação dos trabalhadores seria fundamental na construção de uma política de melhoria do trabalho, assim como o comprometimento da empresa no cumprimento dessa política.

Na época, recomendou-se o desenvolvimento de um estudo sobre os afastamentos dos garis do ambiente de trabalho por acidentes e de um estudo que buscasse a elaboração de uma política de saúde do trabalhador.

Para encerrar o ano de 2009, realizamos uma pesquisa com catadores de resíduos objetivando conhecer os aspectos sociais, econômicos e ocupacionais dos integrantes de duas associações de Fortaleza: a Associação de Catadores “Reciclando” (que ficava no bairro Tancredo Neves) e a Associação Viva a Vida (que ficava no bairro Antônio Bonfim).

A aproximação com as associações se deu a partir da nossa participação em algumas reuniões do Fórum Lixo & Cidadania. Durante as visitas aos grupos, observamos 6 integrantes na associação “Reciclando” e na Viva a Vida, apenas 4. Desse modo, 10 catadores foram entrevistados após observação detalhada do processo de trabalho e levantamento de informações sobre as associações, a qualidade e a quantidade dos materiais movimentados.

A associação “Reciclando”, primeiro objeto de estudo da pesquisa, ficava localizada na Av. Plácido Castelo, nº 284, no bairro Tancredo Neves, Fortaleza. Criada em 2002, a associação contava com 16 associados, sendo 8 mulheres e 8 homens, todos maiores de idade.

5. A profissão dos catadores foi reconhecida na Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) pela Portaria 397, de 9 de outubro de 2002, do Ministério do Trabalho, sob o Código nº 5.192-05.

Na época da pesquisa, o governo do estado - segundo um dos catadores entrevistados - ajudava a associação com o fornecimento de um caminhão, cessão do espaço físico (galpão), pagamento de combustível do veículo e de um motorista. A Cáritas Arquidiocesana de Fortaleza ajudava com a doação de cestas básicas e roupas.

Os catadores obtinham os recicláveis em diversas fontes (supermercados, residências, condomínios, órgãos públicos, escolas, faculdades e até de outras associações da cidade), mas, quando a quantidade de material não era suficiente, eles “catavam” pelas ruas.

Na associação, os materiais eram triados de forma manual, pesados, guardados separadamente (em baias) e depois vendidos aos “atravessadores”, que, por sua vez, vendiam às seguintes fábricas: Sopet, que trabalhava com garrafas PET; Confel (alumínio), Aparapapel (papel e papelão) e Gerdau (aço) - todas situadas no Distrito Industrial de Maracanaú-CE.

No processo de triagem, os catadores trabalhavam sem equipamentos de proteção individual, ficando sujeitos aos riscos de contato com materiais contaminados, além da postura inadequada. No processo de pesagem, havia riscos relacionados ao esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de peso, máquinas e equipamentos sem proteção, ferramentas inadequadas, defeituosas e/ou enferrujadas.

No quesito escolaridade, a maioria dos integrantes da associação foi enquadrada como analfabeto ou com o ensino fundamental incompleto, havendo apenas uma pessoa que possuía o ensino médio completo. Os motivos pelos quais os catadores abandonaram a escola variavam: (1) a desordem durante a aula; (2) a dificuldade de acesso à escola; (3) desinteresse próprio; (4) dificuldade no aprendizado; e (5) necessidade de trabalhar para ajudar no sustento da família. Esse foi o motivo mais recorrente.

Outras informações levantadas mostraram que os catadores tiveram outras oportunidades de emprego antes do trabalho

com os resíduos (com ou sem carteira assinada), a saber: zelador em um restaurante; doméstica; atendente de lavanderia; segurança de supermercado; frentista; servente de pedreiro; vigia; entregador em um depósito de construção; e borracheiro.

Diferente de outras pesquisas, apenas um catador afirmou ter o hábito e/ou a “necessidade” de ingerir bebida alcoólica antes de iniciar suas atividades diárias, mas ele estava em acompanhamento pelo grupo dos Alcoólicos Anônimos (AA) para abandonar o vício.

No quesito renda, observamos que cada associado recebia no máximo R\$ 350,00 por mês, mas esse valor sofria aumento ou redução de acordo com a função/atividade do catador (se trabalhava internamente, se trabalhava no carro de coleta, se trabalhava 4h ou 8h diárias). Vale ressaltar que, nessa associação, havia muita transparência na administração das finanças, e todos estavam cientes das receitas e despesas da associação.

Com relação à capacidade produtiva, a associação movimentava entre 13.800 e 14.400 kg de materiais por mês, com arrecadação bruta mensal variando entre R\$ 3.590,00 e 3.845,00. O material de maior valor agregado era o alumínio (R\$ 1,20/kg) e o de menor valor era o vidro (R\$ 0,05/kg).

Os catadores listavam vários problemas de saúde (tanto em membros inferiores quanto superiores), além do risco físico (sol forte) durante as atividades de coleta pelas ruas. Curiosamente, o odor dos resíduos não representava um incômodo, e eles não sentiam vontade de abandonar a atividade.

Na visão dos catadores da associação “Reciclando”, o que faltava para melhorar o dia a dia era: (1) maior apoio dos órgãos públicos em todas as esferas do governo e na esfera privada; (2) acesso a equipamentos de proteção individual; (3) aumento da estrutura física da associação; (4) criação de projetos que beneficiassem a associação; e (5) um tratamento mais humanizado por parte da sociedade.

A Associação Viva a Vida, segundo objeto de estudo da pesquisa, localizava-se na Rua Domingos Olímpio, S/N, bairro Otávio Bonfim, por trás da Paróquia Nossa Senhora das Dores. A instituição contava com 4 mulheres (idade entre 38 e 47 anos), sendo duas da mesma família. A referida associação surgiu no ano 2000, mas uma das entrevistadas relatou que a Prefeitura não reconhecia a agremiação, contrariando o posicionamento da Regional I e do Fórum Estadual do Lixo & Cidadania.

O material que chegava até a associação era proveniente de alguns órgãos públicos e da coleta pelo bairro. A associação movimentava 3.715 kg de materiais por mês, com arrecadação bruta mensal de R\$ 1.091,85. O material de maior valor agregado era o alumínio (R\$ 1,20/kg) e o de menor valor era o vidro (R\$ 0,01/kg). A associação recebia ainda doações de cestas básicas e roupas, da comunidade, do programa Mesa Brasil Sesc e da Cáritas Arquidiocesana de Fortaleza. A Paróquia cedia o local e fornecia água e energia.

A renda individual era bastante variada porque algumas catadoras recebiam auxílios do Governo Federal, enquanto outras faziam faxina e lavagem de roupas para famílias do bairro. Na associação, existiam algumas “carrocinhas” para coleta de material e uma balança. A instituição não trabalhava com material constituído de cobre, copos descartáveis e caixas do tipo longa vida pela dificuldade de encontrar compradores. A associação, além do espaço destinado aos resíduos, contava com uma horta, onde as catadoras transformavam as plantas cultivadas em remédios caseiros, desinfetante, sabonete e decoração.

Com relação ao nível de escolaridade, nenhuma catadora tinha concluído o ensino fundamental, pois deixaram de estudar por influência de familiares, gravidez precoce ou mesmo falta de paciência para aprender. Por outro lado, todos os filhos das catadoras participantes estavam na escola e alguns já tinham concluído o ensino médio. De forma semelhante ao observado na primeira associação, a atividade de catação não foi o primeiro trabalho de nenhuma das entrevistadas. Uma delas trabalhou com carteira assinada em um laboratório de medicamentos, por exemplo.

Na coleta de material reciclável, muitas catadoras encontravam materiais de uso doméstico em “bom” estado e todas afirmavam ter levado algum item para casa (ventilador, cama, mesa, armário, fogão, cadeira, livro, caderno e até alimentos).

Apesar das várias dificuldades encontradas na catação, três entrevistadas afirmaram que só deixariam a atividade por algo melhor; entretanto, uma catadora afirmou que não deixaria o trabalho com os resíduos sólidos, pois o considerava digno e honesto para a garantia de sua sobrevivência e para o meio ambiente. Nenhuma delas declarou ingerir bebidas alcoólicas antes de iniciar as tarefas.

A maioria das catadoras sofreu algum tipo de acidente na execução do trabalho (atropelamento, corte, queda, prensagem do dedo na carroça, furada de agulha etc.). Apenas uma afirmou utilizar luva, máscara, sapato e meia quando coletava material pelas ruas. O peso do carrinho também ocasionava muitas dores no corpo, e a exposição ao sol forte provocava dores de cabeça e ardor nos olhos, segundo o depoimento de uma catadora.

Para melhorar o dia a dia na associação seria necessário adquirir um espaço próprio, conseguir mais doações (tanto de recicláveis quanto de itens para uso pessoal) e equipamentos (de proteção individual e de trabalho) para comercializarem direto com a indústria.

Na época, pela pesquisa, conseguimos desvendar que os catadores de materiais recicláveis conviviam com a dualidade e/ou contradição de executarem atividades que contribuíam para o sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos da cidade e para o meio ambiente, mas sob riscos sociais e de saúde.

Considerando que a pesquisa nas associações foi a primeira que realizamos em Fortaleza, ficou como recomendação estender a investigação para outras associações da cidade. Além disso, verificou-se que seria muito importante construir uma política de saúde do trabalhador alinhada à realidade dos catadores e desenvolver uma política de economia solidária com atuação do poder público e da sociedade no que diz respeito ao reconhecimento e apoio às associações.

2 As pesquisas de 2010

Em 2010, as pesquisas trataram da educação ambiental em escolas e dos catadores de resíduos.

A pesquisa sobre a educação ambiental objetivou diagnosticar a visão de professores e alunos de duas escolas do município de Paraipaba⁶-CE sobre essa questão.

A investigação teve início com a realização de uma revisão de literatura. Posteriormente, foram escolhidos os locais para o desenvolvimento da pesquisa (uma escola particular e uma escola pública do município). Em um terceiro momento, foi elaborado um questionário com 12 perguntas abertas e fechadas contemplando aspectos de natureza qualitativa e quantitativa.

O estudo de caso envolveu a realização de entrevistas com 11 docentes e 140 discentes na escola pública; e 07 docentes e 123 discentes na escola particular, sendo todos voluntários. O método utilizado foi o indutivo, ou seja, partimos de dados particulares, suficientemente constatados, para inferir uma verdade sobre o todo.

A primeira instituição a participar foi a Escola Pública de Ensino Fundamental e Médio Flávio Gomes Granjeiro, fundada em 1987 e localizada na Av. Maria Moreira nº 323. A segunda instituição foi o Centro Integrado de Ensino de Paraipaba, fundada em 1984 e localizada na Av. Maria Clarice Moreira, S/Nº.

Os resultados mostraram que, entre os professores, havia três conceitos distintos de meio ambiente⁷: um considerava o meio ambiente como um conjunto de elementos da natureza; outro considerava a interação daqueles elementos com os

seres vivos; e um último (mais profundo) somava aos conceitos anteriores a presença do homem e sua responsabilidade de preservação e conservação. Quanto aos discentes, foram observadas visões mais “utilitárias”, ou seja, percepções do meio ambiente como um patrimônio a ser usado para o bem da humanidade.

Com relação à percepção dos entrevistados sobre os problemas ambientais enfrentados pelo município, a maior parte (de todos os grupos) mostrava conhecimento sobre vários casos, com especial destaque para agrotóxicos, lixo e poluição da lagoa que abastecia a cidade. De forma geral, mais da metade dos entrevistados percebia a atuação humana como o grande agente causador dos problemas ambientais, sendo essa percepção mais forte entre os discentes da escola particular.

Na visão dos estudantes e professores da escola pública, não jogar lixo nas ruas e rios e evitar o desperdício de água eram atitudes que colaboravam para um ambiente mais saudável; na escola particular, além de outros exemplos, essa percepção estava mais clara. Esses resultados ajudaram a entender porque os recursos hídricos eram, para os membros das duas escolas, o tema mais importante do ponto de vista ambiental. Cabe considerar que, nas duas escolas, havia uma demanda reprimida em relação à sensibilização e à conscientização ambiental das pessoas.

No que diz respeito às principais fontes de acesso à informação sobre o meio ambiente, foi observada, ainda naquela época, a influência da internet, seguida da escola, dos jornais e, por último, dos livros.

6. Município do Ceará, distante 95Km de Fortaleza.

7. Meio ambiente: “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite abrigar e reger a vida em todas as suas formas” (BRASIL, 1981).

Na visão dos professores das duas escolas e dos estudantes da escola pública, vários temas ambientais (desmatamento, queimadas, mudanças climáticas, coleta seletiva e poluição das águas) eram discutidos ao longo do ano dentro da instituição, diferentemente do que pensavam os estudantes da escola particular.

A matéria/disciplina que mais trabalhava o tema ambiental, na visão dos professores das duas escolas, era Biologia, seguida de Geografia. Já os estudantes de ambas as escolas pensavam o contrário: primeiro a Geografia e depois a Biologia. Porém, nas duas escolas, as atividades de educação ambiental aconteciam de forma pontual em projetos específicos, especialmente em feiras de ciências, na visão da maior parte dos entrevistados.

Com a pesquisa, foi possível concluir que a visão predominante sobre o tema ambiental era bastante limitada, pois associava essa temática ampla e transversal à natureza. Essa simplificação mostrava que os conceitos holísticos sobre a questão ambiental - existentes na legislação e na literatura especializada - ainda não alcançavam os entrevistados e, se alcançavam, eram pouco assimilados e/ou compreendidos, dificultando uma elaboração teórica mais integral.

Alguns professores percebiam o Homem como parte do ambiente e responsável pelas atuais condições desse meio, sendo essa visão importante no sentido de quebrar uma ideia historicamente plantada de que o Homo Sapiens, por sua racionalidade e superioridade, é um “ser” à parte do ambiente.

Quanto aos discentes, concluímos que a maioria tinha uma visão bastante utilitária do meio ambiente, ou seja, o compreendiam como algo importante para a sobrevivência humana e não por si só.

Outro aspecto conclusivo desse trabalho foi que o público-alvo recorrentemente se apresentava preocupado com as diversas formas de poluição⁸ que vinham ocorrendo na cidade, especialmente das águas e do solo, decorrentes das ações ou rejeitos humanos.

A internet, já naquela época, era a fonte mais utilizada de acesso à informação sobre meio ambiente, e os jornais eram mais “importantes” que os livros. De todo modo, observamos que tanto os temas mais antigos (reciclagem dos resíduos sólidos, por exemplo) quanto os mais recentes (discussão sobre aquecimento global e efeito estufa) já faziam parte do cotidiano escolar dos entrevistados.

Na época, ficou como recomendação desenvolver a pesquisa em outras escolas do município para ampliar a compreensão sobre o tema.

Ainda em 2010, realizamos uma pesquisa com o objetivo de caracterizar as condições de vida dos catadores de resíduos sólidos da Sociedade Comunitária de Reciclagem do Pirambu (SOCRELP) e da Associação dos Agentes Ambientais do Parque Santa Rosa.

Através das visitas *in loco*, observamos as condições gerais dos galpões e do modo de trabalho dos catadores. Além disso, foi necessário realizar entrevistas com os coordenadores das associações, a fim de coletar informações administrativas e regimentais sobre a origem e história da associação, o processo e etapas do manejo⁹ dos materiais, a quantidade de membros e as dificuldades enfrentadas.

As associações também foram caracterizadas quanto aos seus equipamentos, tipos de materiais recebidos, divisão em homens e mulheres, faixa etária, renda média mensal, escolaridade, entre outros aspectos. Também foi elaborado um questionário com perguntas abertas e fechadas e, entre os temas de interesse, investigamos as condições sociais, econômicas e ocupacionais dos catadores, tomando como base perguntas encontradas na literatura.

A primeira associação em estudo, a SOCRELP, foi visitada em janeiro de 2010. No primeiro dia, foi realizada uma entrevista com a presidente da associação para colher algumas informações-chave, e foram marcadas as datas das entrevistas com os demais catadores.

O segundo objeto de estudo foi a

8. Poluição: “a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos” (BRASIL, 1981).
9. Manejo: “atividades de segregação, acondicionamento, identificação, transporte interno, armazenamento temporário, armazenamento externo, coleta interna, transporte externo, destinação e disposição final ambientalmente adequada” (ANVISA, 2018).

Associação dos Agentes Ambientais do Parque Santa Rosa. A responsável pela associação, também catadora, foi entrevistada. Naquele mesmo dia, alguns catadores que estavam presentes no local foram entrevistados.

A SOCRELP localizava-se na Rua São Serafim, nº 8, no bairro Pirambu. Foi fundada em 1994, a partir do projeto SANEAR. Segundo a presidente da associação, o intuito era gerar renda para os associados que, na sua maioria, residiam no próprio bairro, e também de preservar o meio ambiente.

A instituição ficava em um galpão de 400m² e contava com a participação de 12 associados, dentre os quais 7 se dispuseram a participar da pesquisa.

Segundo alguns catadores, um caminhão cedido pelo Governo Estadual, no início de 2009, era utilizado na coleta de recicláveis, mas, em 2010, o veículo se encontrava sob posse do Governo, o que dificultava o trabalho na associação.

Além das “carrocinhas”, alguns catadores utilizavam grandes sacos (bags) para coletar resíduos pelas ruas, supermercados, empresas, escolas, órgãos públicos e outros. Para auxiliar na coleta, a associação passou a utilizar um pequeno carro fretado. A instituição também comprava materiais de outros catadores.

Como a quantidade de doações de recicláveis para a SOCRELP era insuficiente para garantir renda digna aos catadores, eles se viam obrigados a sair diariamente às ruas em busca de materiais. Os catadores coletavam todos os tipos de materiais recicláveis, exceto aqueles que não podiam ser reciclados (fraldas, por exemplo).

Para poupar espaço no armazenamento dos recicláveis, a associação contava com duas prensas; no entanto, só uma estava funcionando no dia da entrevista.

Nas conversas com os catadores, observamos que todos os entrevistados tiveram outras oportunidades de emprego antes da catação, a saber, transportador de carga, doméstica, pedreiro, servente, jardineiro, metalúrgico, manicure e

zelador de pousada.

Naquela época, os catadores da SOCRELP cumpriam uma jornada de 08 horas/dia e todos afirmavam estar na atividade por “necessidade”.

Ao chegar à SOCRELP, os materiais eram triados de forma manual, pesados e guardados em locais específicos para cada tipo de resíduo até o momento de serem vendidos aos atravessadores que, por sua vez, os revendiam às fábricas. Essa transação era o pior momento da cadeia produtiva em função da grande exploração feita pelos atravessadores.

Conforme os associados, as principais empresas que estavam no fim da cadeia produtiva eram a Comércio e Beneficiamento de Artefatos de Papel LTDA – (COBAP), Indústria, Comércio e Exportação de Reciclados – (SOPET), e a Montenegro (que trabalhava com outros plásticos). No caso da empresa SOPET, a garrafa PET era triturada e seus pequenos fragmentos exportados para a China.

A SOCRELP contava com uma parceria junto à COELCE¹⁰, fazendo parte de um projeto conhecido como ECOELCE, no qual os cidadãos trocavam resíduos por bônus em energia. A COELCE destinava parte dos recicláveis recolhidos à associação.

A reciclagem de papel branco também era feita na SOCRELP por uma artesã, e a matéria-prima era doada pela prefeitura e órgãos públicos. Em um espaço separado, o papel era colocado de molho, triturado, transferido para um tanque e depois seco e transformado em caixas, envelopes, pastas e quadros, que eram vendidos.

No dia da visita, nenhum catador estava usando luvas e/ou outros equipamentos de segurança. Durante o processo de pesagem, o levantamento dos materiais, o transporte deles até a balança e o uso de ferramentas defeituosas e enferrujadas contribuíam para que o trabalho do catador se tornasse mais insalubre.

Um catador entrevistado comentou sobre as fortes dores que sentia nos dedos ao puxar as “carrocinhas” pela rua e ao tentar abrir os sacos plásticos para catar recicláveis.

10. Na época, empresa fornecedora de energia no Ceará.

Os catadores apontavam, ainda, dores em partes do corpo como joelhos, ombros, coluna, pés e braços, e a maioria reconhecia que os resíduos sólidos interferiam na saúde. Três dos catadores disseram que se cortavam e se arranhavam durante o trabalho, enquanto um disse ter sido picado por um escorpião. Foram mencionados também, como interferentes na saúde, a poeira, o levantamento de peso e os ruídos.

Um catador disse “ter perdido as contas” de quantas vezes sua “carrocinha” tinha sido batida por veículos no trânsito e já ter sofrido um atropelamento.

Em relação ao odor dos resíduos, a maioria afirmava “estar acostumado”. Um catador assumiu a catação como uma atividade dura, difícil e perigosa.

A maioria dos catadores da SOCRELP era analfabeta ou possuía o ensino fundamental incompleto, e somente um afirmava possuir segundo grau incompleto. Eles alegavam ter abandonado a escola por necessidade de garantir o sustento da família.

Quanto à estrutura familiar, quatro catadores eram casados, um solteiro, um viúvo e um tinha uma relação não oficial (“era junto”). A maioria dos entrevistados tinha filhos.

Em relação à moradia, a maioria dos entrevistados tinham casa própria, de alvenaria, com 1 ou 2 cômodos e com abastecimento de água de poço.

Em relação à renda, observamos que, em média, cada associado recebia R\$ 200,00 por mês, valor que podia aumentar ou diminuir de acordo com a função exercida (se era catador com sacolas, se trabalhava com “carrocinhas”, se realizava apenas trabalho interno). Dois catadores alegavam não ter outra fonte de renda. Os demais possuíam Bolsa Família¹¹ ou Bolsa Escola; um fazia extra como vigia na madrugada e outro recebia indenização de um acidente.

Quando foram perguntados a respeito das dificuldades enfrentadas, a maioria respondeu: a falta de colaboração da população em separar o resíduo domiciliar,

o preconceito, o não reconhecimento do trabalho e a falta de apoio do Estado. Dois comentaram sobre a dificuldade da associação de coletar grande quantidade de recicláveis depois da retirada do caminhão cedido pelo Estado. Um entrevistado comentou já ter sido assaltado nas ruas.

A maioria dos catadores deixaria a atividade por um emprego com carteira assinada. Os que não tinham intenção de abandonar a atividade justificavam que, devido à baixa escolaridade, temiam não conseguir outro trabalho. Além disso, a maioria se orgulhava de contribuir para a preservação do meio ambiente e de “limpar a cidade”.

A Associação dos Agentes Ambientais Parque Santa Rosa existia há sete anos no mesmo endereço: Rua 7, nº 20, no Parque Santa Rosa. Era formada por 12 catadores e, dentre estes, 7 foram entrevistados.

De acordo com a coordenadora da associação, que também era catadora, não havia menores de 18 anos trabalhando, e a maioria dos trabalhadores era da terceira idade.

Os catadores coletavam os recicláveis no bairro Parque Santa Rosa e em outros bairros, tais como Maraponga, Montese, Mondubim, Parque Araxá, Bonsucesso e Conjunto Esperança.

Em 2007, a Associação do Parque Santa Rosa foi uma das selecionadas para integrar o Projeto Nacional de Reciclagem Solidária promovido pela AMBEV¹². O grupo de catadores passou a receber equipamentos e doações e a participar de seminários e oficinas de capacitação.

Em relação às ocupações anteriores, todas as quatro mulheres entrevistadas tinham trabalhado como domésticas. Já os homens citavam ter trabalhado como ferreiros, entregadores de água e funcionários da COELCE. Todos os entrevistados já estavam de 2 a 6 anos na associação.

Quando perguntados por que iniciaram a atividade de catação, a maioria dos trabalhadores respondeu que precisava de renda e, devido à idade avançada, não conseguiam outro trabalho.

11. Na época, um programa federal de transferência direta de renda.

12. AMBEV - indústria do ramo de cervejas.

A associação contava com duas balanças grandes e uma pequena, todas bastante desgastadas. No caso das prensas, somente uma estava em funcionamento e era utilizada para beneficiamento das garrafas PET¹³.

Quando os recicláveis chegavam à associação, os catadores faziam a triagem e a pesagem. Logo depois, os recicláveis eram organizados e empilhados em cômodos específicos do galpão.

Entre as empresas que estavam no fim da cadeia produtiva, os entrevistados citavam a SOPET (que trabalhava com garrafas PET) e APARAPAPÉL (que trabalhava com papel).

Em média, os catadores trabalhavam 07 horas por dia na associação e recolhiam todo tipo de material reciclável em escolas, empresas, domicílios, lojas e ruas.

No que diz respeito à saúde, um catador afirmou ter tido queda de cabelo e outro disse sentir “dor nos ossos” depois de ter iniciado a atividade de catação. Somente dois catadores alegaram nunca ter tido nenhum problema associado à atividade. Ainda em relação à saúde, a maioria dos catadores afirmou sentir dores em partes do corpo como coluna, ombros, pescoço, braços, coxas e mãos. Um catador disse ainda sentir dor nos punhos e outro declarou sentir fortes dores nos joelhos.

Quando os entrevistados eram questionados sobre o que mais afetava a saúde, a maioria falava do odor do lixo, da poeira, do levantamento de peso e dos arranhões e cortes, que infeccionavam bastante. Uma catadora disse que os cortes e arranhões não eram “problema”, considerando piores os xingamentos e atropelamentos. A mesma catadora também afirmou que algumas pessoas soltavam cães para lhe morder e para impedi-la de “bagunçar” o lixo na calçada.

De acordo com as informações levantadas, todos os catadores da associação possuíam o primeiro grau incompleto ou eram analfabetos e, na época, só

trabalhavam na coleta de recicláveis. Além disso, todos os entrevistados moravam em casas de alvenaria, sendo que quatro catadores moravam em casa própria, um morava em casa alugada e dois “moravam de favor”.

Em relação à estrutura familiar, três catadores eram solteiros, dois eram separados e um tinha relacionamento não oficial (“junto”). A maioria relatou ter filhos.

No quesito renda mensal, os valores variavam muito, entre R\$ 60,00 e 280,00, dependendo das circunstâncias de cada catador (tempo dedicado à catação, local onde catava, material utilizado). Somente uma catadora afirmou ter outra fonte de renda: o Bolsa Família.

Segundo a catadora responsável pela associação, os associados recebiam doações da Paróquia de Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, localizada no bairro Álvaro Weyne. De acordo com um catador entrevistado, padres e freiras da igreja visitavam constantemente a associação e traziam alimentos, roupas e recicláveis doados pelos fiéis.

Na visão dos catadores, as principais dificuldades eram baixa renda, preconceito, riscos no trânsito, falta de reconhecimento das pessoas, xingamentos, dificuldade de separar os recicláveis do lixo orgânico, necessidade de caminhar muito e falta de equipamentos de proteção. Um catador apontou, também, a necessidade de melhorar a estrutura física do galpão.

Todos os entrevistados comentaram que prefeririam um trabalho com carteira assinada e listavam como opções trabalhar como doméstica, atendente, cuidar de idosos ou atuar na construção civil. No entanto, a maioria dos catadores temia não conseguir tal oportunidade devido à idade avançada.

Quando perguntados sobre sugestões para melhorar sua situação, todos responderam que precisavam de apoio da prefeitura e do governo. Além disso, um catador apontou a necessidade de as pessoas ajudarem separando o lixo doméstico.

13. PET - sigla para o polímero politereftalato de etileno.

Todos os catadores entrevistados reconheciam a importância do trabalho que faziam para o meio ambiente e para a “limpeza” da cidade.

A pesquisa foi importante para mostrar que o fato de os entrevistados pertencerem a uma associação, por si só, não os inseria de forma justa na sociedade, mas contribuía no fortalecimento desses indivíduos para o enfrentamento das dificuldades do grupo.

O trabalho dos catadores ocorria sob exploração dos atravessadores. Por isso, a quebra do elo entre a associação e o atravessador, por meio da construção de uma rede de economia solidária, representaria um grande passo.

A baixa ou nenhuma escolaridade atingia a grande maioria dos catadores,

e a constatação de idade avançada os intimidava a buscar por outras ocupações.

De modo geral, os catadores entrevistados reconheciam o grande significado do seu trabalho para o meio ambiente e para uma cidade melhor, mas se sentiam desestimulados quando observavam sua renda, suas condições de sobrevivência, a falta de infraestrutura e de apoio do poder público e da sociedade.

A pesquisa também revelou um conjunto de informações sobre o processo de saúde/doença dos catadores e uma lista de sinais/sintomas/agravs particulares à ocupação. Nesse sentido, além de uma política de saúde, restou como recomendação uma pesquisa propositiva sobre economia solidária nas associações.



3

As pesquisas de 2011

Em 2011, aprovamos um projeto no CNPq e realizamos o monitoramento da qualidade das águas do rio Cocó no trecho paralelo ao lixão do Jangurussu. Foram escolhidos seis pontos do rio, sendo dois a montante do lixão, três em paralelo e um a jusante da área.

A caracterização das águas mostrava, naquela época: amônia entre 17,3 e 79,6 mg/L, nitrito (0,5 - 2,4 mg/L), nitrato (0,12 mg/L), fósforo (20,4 mg/L), pH de 7,2 a 7,4, condutividade de 0,705 a 1.134 mS, sólidos sedimentáveis (0,10 - 2,5 mL/L) e oxigênio dissolvido (0,5 - 8,5 mg/L).

A pesquisa mostrava que o lixiviado do lixão do Jangurussu ainda exercia influência negativa sobre a qualidade das águas do rio Cocó, que já recebia lançamento de esgotos domésticos e industriais.

O lixão do Jangurussu surgiu em 1978 e foi utilizado para o armazenamento de todos os tipos de resíduos (domiciliar, comercial, industrial, hospitalar etc.) da Capital até meados de 1996. Com a sua desativação, as pessoas envolvidas na catção de resíduos passaram a fazer parte de uma usina de triagem e/ou de uma associação de catadores, estabelecendo suas residências no entorno do lixão inativo (algumas estão lá até hoje).

Nossa convivência com as comunidades do entorno do lixão por mais de 1 ano resultou, naturalmente, em uma pesquisa sobre as condições sociais, econômicas e de moradia daquela população.

Para alcançar o objetivo da pesquisa, foi elaborada uma ficha de investigação com uma série de questões objetivas e voltadas à aquisição de dados e informações sobre a faixa etária, escolaridade, renda, acesso ao saneamento etc. A sua elaboração foi baseada em revisão

de literatura, visitas às comunidades e contatos com moradores.

O trabalho de campo foi realizado durante três meses (junho, julho e agosto) e abrangeu um total de 383 famílias. A partir da nossa entrada nas comunidades, registros fotográficos e filmagens capturavam, em detalhes, uma infinidade de informações sobre a vida no entorno do lixão. Para auxiliar o trabalho de campo, um morador da comunidade do Jangurussu foi inserido como bolsista no projeto.

Das 1.721 pessoas entrevistadas, 50,5% possuíam idade inferior a 18 anos, 44,9% tinham entre 18 e 59 anos e 4,6% tinham 60 anos ou mais. Percebemos, então, que os moradores se enquadravam na faixa etária genericamente classificada como “economicamente ativa”.

Os dados revelavam que a maioria dos moradores possuía o ensino fundamental incompleto (63,5%), 17,1% eram analfabetos, 7,4% tinham o ensino médio incompleto, 5,6% tinham o ensino médio completo, 3,8% tinham o ensino fundamental completo, 2,1% não sabiam informar seu nível de instrução/educação, 0,31% tinham o ensino superior completo e 0,19% tinham o ensino superior incompleto. Em linhas gerais, naquela época, os moradores das comunidades revelavam baixa escolaridade, o que ajudou a entender por que uma parte trabalhava como catador.

Das 383 famílias entrevistadas, 219 (57,2%) possuíam renda mensal menor que um salário mínimos da época¹⁴, 99 famílias (25,8%) tinham renda entre um e dois salários mínimo, 32 famílias (8,4%) possuíam renda igual a um salário mínimo, 21 famílias (5,5%) possuíam renda maior que dois salários e 12 famílias (3,1%)

14. Em 2011, o salário mínimo era de R\$ 545,00.

entrevistadas não sabiam revelar o valor. A figura masculina era a que mais contribuía para a renda da família (em 61,3% das residências). Aquela situação financeira repercutia na qualidade das moradias e nas condições de saúde/doença.

Sobre as condições de moradia, 88,8% das famílias residiam em casas de alvenaria sem reboco e pintura (27,1% das quais possuíam 4 cômodos), 6,2% moravam em casas de madeira/taipa e 5,0% residiam em casas de material aproveitado (lonas, plásticos, madeira). Em sua maioria, as moradias eram extremamente vulneráveis.

Sobre as condições de saneamento básico, 67,4% das famílias bebiam água diretamente da rede de distribuição da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE; 15,9% das famílias tinham o hábito de filtrar a água da CAGECE antes de beber; 14,4% das famílias compravam a água de beber (garrafão); 1,6% das famílias ferviam a água da CAGECE antes de beber; e 0,7% usavam água de poço, sem nenhuma informação sobre sua qualidade. Sem dúvidas, o acesso à água potável é uma importante forma de prevenção de doenças e promoção de saúde.

Observamos também que 176 famílias (46,0%) destinavam seus esgotos sanitários à rede geral da CAGECE; 30,3% descartavam seu esgoto a céu aberto; 22,5% possuíam fossa própria; e 1,2% usava a fossa de terceiros. O uso de fossas representava uma alternativa individual com chances de contaminação dos solos e águas superficiais e subterrâneas, que poderia retornar na forma de doenças.

Sobre a coleta de lixo, 342 famílias (89,3%) eram atendidas pelo serviço público; 7,6% jogavam o lixo a céu aberto;

e 3,1% queimavam o lixo que produziam no quintal de casa ou em terreno próximo. Nesse tema, a situação encontrada nas comunidades mitigava os impactos negativos sobre a saúde.

Naquela época, 30,1% dos moradores estavam envolvidos com algum serviço de carteira assinada (balconista, padeiro); 20,1% trabalhavam como domésticas; 16,0% eram catadores; 12,0% eram estudantes profissionais; 10,4% estavam desempregados; 4,4% trabalhavam como diaristas; 3,6% eram aposentados e 3,4% exerciam serviços gerais.

Sobre o envolvimento das famílias com grupos sociais ou comunitários, a maioria (73,9%) não participava de nenhuma iniciativa, e uma parte frequentava grupos de igrejas (21,7%), associações (3,1%) e cooperativa (1,3%).

No que diz respeito aos meios de transporte, 77,0% dos moradores utilizavam transporte público e a minoria (1,0%) tinha carro. Já em relação aos meios de informação e comunicação, 60,3% das famílias tinham televisão e apenas 1 família tinha acesso à internet. Por fim, sobre o acesso a algum plano de saúde, apenas 21,1% das famílias o possuíam.

Os dados levantados, apesar de primários, permitiram concluir que as famílias eram formadas por membros em idade economicamente ativa; que era baixo o nível de escolaridade das pessoas das três comunidades; que as comunidades eram compostas por famílias de baixa renda; e que predominavam as famílias atendidas por sistemas públicos de água e coleta de lixo.

4

As pesquisas **de 2012**

Em 2012, as pesquisas trataram da emissão de gases pela cobertura do aterro sanitário e do potencial econômico dos resíduos recicláveis de Fortaleza.

Na pesquisa sobre os gases, tivemos o objetivo principal de determinar, experimentalmente, as concentrações e os fluxos (mássico e volumétrico) dos gases CH_4 e CO_2 pela camada de cobertura de uma Célula Experimental (CE) de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) instalada dentro do Aterro Sanitário Caucaia.

Em linhas gerais, esses fluxos variam em função de diversos fatores, a saber, tipo de área de disposição, características físicas dos solos aplicados nas camadas, forma de compactação dos RSU, idade dos resíduos, estágio da degradação, estação do ano, horário de medição, altura dos aterros, questões de pressão e temperatura interna e externa.

A emissão desses gases é uma prática insustentável; representa desperdício de uma importante fonte de energia renovável e contribui para o agravamento das mudanças climáticas.

A correta projeção do volume e da qualidade das emissões em coberturas convencionais só é possível a partir do monitoramento contínuo das variáveis que envolvem a construção e operação do aterro sanitário, mas o cotidiano desses empreendimentos praticamente inviabiliza esse tipo de projeção. Nesse contexto, verifica-se a importância da construção de Células Experimentais operando em escala real.

Na época, a área cedida pela administração do aterro para instalação da CE tinha 225 m^2 (15 metros de comprimento x 15 metros de largura), e sua extensão foi

definida considerando a baixa disponibilidade de espaços tidos como aptos ao tipo de experimento. Assim, optamos pelo método da trincheira para otimizar a ocupação da área, o que também trouxe menor custo, maior segurança (pessoal e ambiental) e relativa facilidade de operação.

A quantidade de resíduos disposta no experimento (440 toneladas) foi controlada através do processo de pesagem eletrônica dos caminhões na cabine de controle do aterro e do acompanhamento de 50 veículos compactadores até a CE. Em geral, os caminhões compactadores despejavam os resíduos na rampa de acesso à CE, e os equipamentos (trator de esteiras e rolo compactador) realizavam o espalhamento e a compactação. Os operadores das máquinas foram orientados a cumprir 5-6 passadas sobre a massa de resíduos para obter uma boa densidade ($0,6 \text{ toneladas/m}^3$).

Na pesquisa, estimamos as emissões de gases pela camada de cobertura por meio de ensaios com placa de fluxo estático. Nessa modalidade, os gases sofrem recirculação entre o leitor de concentração e o interior da placa através de conexões de borracha, compondo um ciclo fechado. Ao todo, cinco pontos da camada de cobertura foram monitorados durante uma semana nos dois turnos.

Foram confeccionadas placas com chapa de aço em forma de degrau e, na parte superior de cada placa, foi fixada uma peça quadrada de acrílico com dois pequenos orifícios para inserir as mangueiras do leitor de gases. Cada placa possuía uma área útil de $0,16 \text{ m}^2$ e volume de 8 litros.

Para fixação da placa na camada de cobertura realizava-se a marcação do

seu perímetro no solo, a escavação manual pelas laterais externas da placa, a colocação da placa sobre a camada e a reposição lateral do solo manualmente.

O equipamento utilizado para medir a concentração dos gases foi o detector portátil da marca GEM2000 (LANDTEC). Essa ferramenta permitia a leitura simultânea da porcentagem de CH_4 , CO_2 e O_2 , além da temperatura interna e da pressão dos gases.

O princípio de detecção do metano e do gás carbônico pelo GEM2000 é baseado na capacidade que esses gases têm de absorver radiação eletromagnética na faixa do infravermelho. Já a detecção do oxigênio se dá mediante célula eletroquímica.

O equipamento era capaz de realizar medições de 0 a 100% (porcentagem em volume) de CH_4 e CO_2 , com precisão típica de $\pm 0,3\%$ para concentrações até 5%, de $\pm 1\%$ para concentrações entre 5 e 15% e de $\pm 3\%$ para concentrações maiores que 15%. Para o oxigênio, a faixa de leitura variava entre 0 e 25% com uma precisão de $\pm 1\%$.

Na pesquisa, o GEM2000 foi programado para (i) realizar uma leitura (chamada de ciclo) a cada 5 minutos e (ii) ler a concentração dos gases durante 30 segundos sem interrupções. O monitoramento dos gases em cada ensaio de placa durou 180 minutos, tanto no turno da manhã quanto no da tarde.

O fluxo do gás foi calculado através de uma equação conhecida na literatura referente a estudos sobre a emissão de gases em camadas de cobertura. A densidade dos gases CH_4 e CO_2 foi corrigida em função das leituras de temperatura interna da placa.

Os gases gerados na CE e emitidos pelo solo da camada de cobertura eram compostos, em média, por 11,6% de CO_2 , 6,5% de CH_4 , 9,1% de O_2 e 72,7% de outros gases (não identificados pelo equipamento).

A concentração de CH_4 que mais se repetiu durante a semana foi 7,6% (Moda), de CO_2 foi 12,0%, e de O_2 foi 9,0%. Observamos ainda que a menor concentração de CH_4 foi 0,2% e a maior 10,8%; para o CO_2 a menor foi 0,4% e a maior, 19,1%; e para O_2 a menor foi 6,0% e a maior, 13,0%. Houve uma maior dispersão entre os dados da

concentração de CO_2 (desvio padrão: 4,6) em relação aos dados da concentração de CH_4 (desvio padrão: 2,6).

Observamos a retenção dos dois gases pela camada de cobertura (diferença entre a concentração medida no dreno e a concentração medida na camada) variando de 0,1 a 7,8% para o CH_4 (média: 2,6%) e de 1,0 a 13,5% para o CO_2 (média: 5,0%).

O fluxo de CH_4 determinado na cobertura da CE variava de 0,0 a $1,3 \times 10^{-2} \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}$ e o fluxo de CO_2 variava de 0,0 a $6,9 \times 10^{-2} \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}$. Em termos volumétricos, foram emitidos de 0,0 a $2,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ de CH_4 e de 0,0 a $4,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ de CO_2 .

A ampla faixa de variação do fluxo indicava que existiam vários fatores que interferiam na emissão dos gases, a saber, características geotécnicas do solo, qualidade e espessura da camada de cobertura, pressões de gases no contato solo-resíduo etc.

Os resultados dos fluxos medidos na CE estavam dentro dos intervalos da literatura, sendo importante considerar as particularidades de cada área de disposição de resíduos sólidos.

Ao realizarmos uma subdivisão dos dados das concentrações por turno, foram observadas maiores concentrações no turno da tarde: 12,6% de CO_2 , 6,8% de CH_4 e 9,4% de O_2 . Já no turno da manhã: 10,6% de CO_2 , 6,3% de CH_4 e 8,9% de O_2 .

Os resultados obtidos no trabalho permitiram concluir: a construção da primeira célula experimental de RSU do estado do Ceará foi um experimento de fundamental importância para a formação de recursos humanos especializados em resíduos e aterros para as condições locais; a área escolhida para instalação da CE foi adequada e seu distanciamento da atual frente de serviços do aterro sanitário permitiu um trabalho sem interrupções e com menor risco de acidentes; o porte da CE se ajustou perfeitamente às variáveis custo, tamanho da área cedida, capacidade de recepção de RSU e emprego dos equipamentos típicos de aterro sanitário; a metodologia da placa estática se mostrou adequada para as condições locais; o fluxo médio geral de CO_2 (em $\text{g/m}^2 \cdot \text{s}$) na cobertura da CE foi 4,8 vezes

maior que o fluxo de CH_4 , mas ambos estavam dentro do intervalo da literatura; e cada setor da camada de cobertura tinha uma particular capacidade de reter ou permitir o fluxo, mostrando com isso a variabilidade que existia mesmo em pesquisas exaustivamente planejadas.

Ainda em 2012, realizamos uma pesquisa sobre o potencial econômico dos resíduos recicláveis de Fortaleza. Inicialmente, determinamos a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares para (re)conhecer a fração dos recicláveis e, em seguida, levantamos os preços praticados na venda de cada reciclável junto à rede de catadores.

Na época, o Aterro Sanitário de Caucaia recebia 4.200 toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos por dia, sendo aproximadamente 90% provenientes de Fortaleza e 10% de Caucaia. Os resíduos não passavam por triagem, ou seja, havia desperdício total dos recicláveis.

Os órgãos pertencentes à prefeitura com responsabilidade direta e/ou indireta sobre a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos eram a Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização (EMLURB), a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano (SEMAM), e a Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental (ACFOR).

Na época, o município de Fortaleza possuía contratos de concessão dos serviços públicos de saneamento ambiental (abastecimento de água e esgotamento sanitário) com a Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, e, com a ECOFOR Ambiental S/A, coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

Os veículos que realizavam coletas nos bairros pertencentes às Regionais¹⁵ I, III e V encaminhavam seus resíduos diretamente para o Aterro Sanitário de Caucaia, enquanto os veículos que coletavam nas Regionais II, IV, VI e VII (Centro) encaminhavam seus resíduos para a Estação de Transbordo do Jangurussu.

A determinação da composição gravimétrica foi realizada considerando algumas experiências nacionais e locais. O estudo envolveu a análise de 35 amostras

de 200 kg provenientes de coletas recentes realizadas por veículos compactadores. Para coletas efetuadas durante a noite, os resíduos foram guardados e analisados no dia seguinte. Assim, cada Regional teve seus resíduos avaliados durante uma semana.

Na época, os componentes investigados foram (% massa/massa): papel; papelão; jornal; plástico rígido; plástico flexível (filme); PET (polietileno tereftalato); ferro; alumínio; embalagem cartonada (tetrapak); vidro escuro (azul, verde, marrom); e vidro claro (branco ou transparente). O estudo aconteceu entre janeiro e fevereiro de 2012.

Em linhas gerais, o procedimento de campo seguia a seguinte sequência: despejo dos resíduos pelo veículo compactador na área reservada para a pesquisa; retirada da amostra de diferentes pontos do total despejado (laterais, topo) até se alcançar 1.600 kg; quarteamento da amostra sobre lona plástica previamente estendida; exclusão de duas partes opostas; mistura dos resíduos restantes; novo quarteamento; triagem; e pesagem dos componentes de interesse.

A determinação da composição gravimétrica foi realizada com o apoio de uma balança de plataforma de capacidade máxima de 150 kg, uma lona de 15m² e um tambor plástico de 100 litros.

Quando finalizamos os ensaios da composição gravimétrica, executamos um levantamento dos preços de venda de cada material em Fortaleza, a partir de visitas e contatos telefônicos com oito (08) associações de catadores, alcançando os seguintes resultados: papel (R\$ 0,24/kg); papelão (R\$ 0,07/kg); jornal (R\$ 0,10/kg); plástico rígido (R\$ 0,45/kg); plástico flexível/filme (R\$ 0,36/kg); PET (R\$ 0,51/kg); ferro (R\$ 0,18/kg); alumínio (R\$ 1,62/kg); embalagem cartonada (R\$ 0,07/kg); vidro escuro e claro. O estudo aconteceu entre janeiro e fevereiro de 2012.

O potencial econômico (bruto) foi estimado por meio da multiplicação da quantidade de cada componente pelos preços de venda.

Na época, a composição gravimétrica verificada nos resíduos sólidos

15. Regional - conjunto de bairros sob um administrador (uma espécie de subprefeitura).

domiciliares coletados na Regional 1 mostrava o plástico flexível (% massa/massa) como principal constituinte entre os resíduos (13,7%), seguido do papel (3,4%), plástico rígido (2,8%), papelão (2,1%), PET (1,8%), vidro claro (1,7%), vidro escuro (1,2%), embalagem cartonada (1,2%), jornal (1,0%), alumínio (0,9%) e ferro (0,8%).

De posse da composição gravimétrica (em %) calculamos a quantidade (em kg) de cada material investigado e, considerando os preços de venda (média dos valores praticados pelas associações), chegamos ao valor de R\$ 20,10 para os recicláveis encontrados em cada amostra de 200 kg de resíduo domiciliar.

Na Regional 2, os componentes recicláveis seguiram a mesma sequência da Regional 1, mas com percentuais maiores para todos os componentes, exceto plástico flexível (13,6%): papel (3,6%); plástico rígido (4,1%); papelão (3,5%); PET (2,2%); vidro claro (1,9%); vidro escuro (3,0%); embalagem cartonada (2,1%); jornal (1,4%); alumínio (1,5%); e ferro (2,2%). Foi calculado como potencial econômico o valor médio de R\$ 24,94 para cada 200 kg de resíduo domiciliar. Na época, a Regional 2 concentrava os bairros mais ricos e com melhor IDH da cidade, o que influenciava o tipo de resíduo coletado.

Já na Regional 3, o componente plástico flexível foi o principal constituinte entre os resíduos recicláveis (12,0%), seguido do papel (7,6%), plástico rígido (2,8%), papelão (1,9%), PET (1,5%), vidro claro (0,9%), vidro escuro (1,9%), embalagem cartonada (1,7%), jornal (3,1%), alumínio (0,9%) e ferro (2,0%). O potencial econômico ficou em R\$ 21,54 para cada amostra de 200 kg de resíduo domiciliar.

Na Regional 4, o componente plástico flexível também ficou em primeiro lugar (11,3%), seguido do papel (4,1%), plástico rígido (2,7%), papelão (2,6%), PET (1,9%), vidro claro (1,0%), vidro escuro (1,3%), embalagem cartonada (1,4%), jornal (1,2%), alumínio (0,8%) e ferro (1,7%). O potencial econômico ficou em R\$ 19,01 para cada amostra de 200 kg de resíduo domiciliar.

Na época, a composição gravimétrica realizada com os resíduos sólidos domiciliares coletados na Regional 5 mostrava o plástico flexível (% massa/massa) como

principal constituinte entre os resíduos (11,4%), seguido do papel (3,3%), plástico rígido (4,1%), papelão (1,6%), PET (1,4%), vidro claro (1,0%), vidro escuro (1,1%), embalagem cartonada (1,3%), jornal (1,4%), alumínio (0,6%) e ferro (1,1%). O potencial econômico ficou em R\$ 18,24 para cada amostra de 200 kg de resíduo domiciliar.

Na Regional VI, o componente plástico flexível alcançou 13,2% da amostra, seguido do papel (6,4%), plástico rígido (2,5%), papelão (3,0%), PET (1,3%), vidro claro (0,9%), vidro escuro (1,8%), embalagem cartonada (1,3%), jornal (3,2%), alumínio (0,6%) e ferro (1,4%). Foi calculado como potencial econômico o valor médio de R\$ 20,39 para cada 200 kg de resíduo domiciliar.

Por fim, na Regional VII (Centro), o componente plástico flexível foi o principal constituinte (9,0%), seguido do papel (6,8%), plástico rígido (2,9%), papelão (4,5%), PET (2,2%), vidro claro (1,0%), vidro escuro (1,0%), embalagem cartonada (0,8%), jornal (3,1%), alumínio (1,0%) e ferro (1,8%). Foi calculado como potencial econômico o valor médio de R\$ 20,14 para cada 200 kg de resíduo domiciliar.

A pesquisa também esboçou uma extrapolação dos resultados para a quantidade total de resíduos de Fortaleza. Na época, eram enviadas para o Aterro de Caucaia aproximadamente 1.974 toneladas de resíduos domiciliares por dia. Considerando uma gravimetria média e um potencial de R\$ 21,19 para cada amostra de 200 kg, estimamos o potencial econômico bruto em R\$ 209.145,00. Logicamente, um estudo de potencialidades nem de perto se limita a um cálculo tão simples e, nesse valor, 100% dos resíduos recicláveis deveriam sofrer separação e aproveitamento, o que seria provavelmente impossível.

Através desse estudo, percebemos que uma enorme quantidade de material reciclável gerada diariamente em Fortaleza era desperdiçada devido ao seu destino final (aterramento sanitário), e os resultados alcançados, provavelmente, foram úteis para estimular a discussão sobre um destino mais sustentável para esses materiais. Observamos também que cada regional tinha uma particular capacidade de gerar um tipo específico de resíduo reciclável, a qual mantinha possível relação com a renda, nível de instrução etc.

5

As pesquisas de 2013

Em 2013, as pesquisas trataram dos resíduos de serviços de saúde, incineração, resíduos industriais, lâmpadas pós-consumo e da compostagem.

Na pesquisa sobre Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) objetivamos caracterizar o gerenciamento (conjunto de ações exercidas direta ou indiretamente nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final) dos RSS praticado em unidades farmacêuticas de Fortaleza e diagnosticar o nível de cumprimento do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde - PGRSS.

A primeira etapa do trabalho consistiu em uma concisa revisão bibliográfica realizada mediante consulta a dissertações, artigos, leis, resoluções e normas. Entendidos os aspectos mais relevantes sobre a problemática dos RSS, foi possível determinar o escopo do estudo e definir os critérios que constituiriam o arcabouço do questionário.

Após a elaboração do questionário, iniciamos a segunda etapa do trabalho: visitas aos estabelecimentos (farmácias). A escolha dos locais foi aleatória, mas a prioridade foi dada aos bairros com grande número de estabelecimentos: Parquelândia; Alagadiço (São Gerardo); Benfica; Fátima; Aldeota, Centro; e Montese.

Os critérios abordados na pesquisa de campo levaram em consideração vários aspectos relacionados aos RSS e às etapas de um PGRSS¹⁶. Foram aplicadas 14 questões, entre abertas e fechadas, em 30 farmácias, das quais 12 eram farmácias com ambulatório, 14 eram comerciais (sem ambulatório) e 4 eram de manipulação.

Entre as 30 farmácias visitadas, os representantes de 4 unidades não sabiam responder se havia no estabelecimento um PGRSS, e 3 afirmaram não possuir o documento. Das 23 farmácias que possuíam o PGRSS, 9 deixavam o documento acessível ao público; as demais afirmavam que se tratava de um documento restrito e de uso exclusivo dos colaboradores.

Sobre a segregação dos resíduos, todas as farmácias cumpriam essa etapa, embora tenha sido constatado que a separação não era tão efetiva como relatado. Durante as visitas, foi possível perceber a mistura de resíduos comuns (grupo D) com perfurocortantes (grupo E) ou com resíduos de potencial infectante (grupo A). Apenas duas farmácias realizavam a separação dos resíduos químicos (grupo B) dos demais resíduos e estavam atentas à ocorrência de interações químicas (sinergismo) entre os compostos. Ao contrário dessas, uma despejava resíduos químicos líquidos diretamente na pia, e, no geral, percebemos nos depoimentos que as farmácias não se preocupavam com a logística reversa de medicamentos vencidos ou em desuso. Notamos também algumas inadequações ao PGRSS quanto à identificação dos coletores de resíduos e à ausência de sacos plásticos adequados a cada grupo.

Sobre o armazenamento, 83,3% das farmácias tinham espaços adequados aos RSS. Nas demais, observamos a disposição de caixas com resíduos do grupo E empilhadas diretamente no chão do ambulatório onde aconteciam os atendimentos ao público.

16. Na época, o tema dos RSS era regulado pela Resolução da ANVISA 306/04.

Sobre a coleta externa, das 30 farmácias visitadas, 14 tinham contratos com empresas especializadas, 9 não sabiam informar quem coletava os RSS e 7 os enviavam para a matriz. A frequência de coleta ocorria quinzenalmente em 15 unidades, e em 8 unidades, mensalmente. As demais unidades não sabiam informar.

No que diz respeito às quantidades geradas, um terço das unidades farmacêuticas pesquisadas mostrou total desconhecimento, enquanto algumas estimavam gerar até 25 kg de RSS por dia.

Em relação ao tratamento e destino final, os responsáveis por 20 unidades farmacêuticas não sabiam informar o que era feito com os RSS após coleta; aqueles que enviavam os resíduos para a matriz (7) sabiam que eles eram tratados através da incineração¹⁷; e 3 farmácias colocavam seus resíduos diretamente para coleta pública.

Sobre a fiscalização, todas as farmácias entrevistadas tinham passado por alguma vistoria da Vigilância Sanitária, ANVISA, Conselho Regional de Enfermagem ou Conselho Regional de Farmácia.

O resultado mais curioso, sem dúvidas, foi ouvir de 27 unidades a afirmação de que os trabalhadores recebiam treinamento contínuo para o manejo adequado dos RSS e que as farmácias, na visão dos entrevistados, estavam adequadas em relação ao tema.

Na época, a pesquisa possibilitou concluir que, apesar de a maioria das farmácias afirmarem possuir um PGRSS, havia muitas não conformidades, especialmente quanto à mistura de resíduos de grupos diferentes e à ausência de controle sobre as quantidades geradas. Também não ficou claro que tipo de treinamento foi ofertado aos trabalhadores das farmácias, já que o gerenciamento dos resíduos estava aquém do ideal para redução de riscos à saúde ambiental e humana.

Ainda em 2013, realizamos uma pesquisa sobre a prática da incineração de resíduos perigosos em Fortaleza. Na época, o objetivo foi promover uma caracterização geral do equipamento, do processo

de incineração e dos quantitativos de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) enviados por 9 hospitais públicos de Fortaleza.

Na capital cearense, a Secretaria Municipal de Saúde (SMS) era o órgão de administração direta da prefeitura responsável principalmente por gerenciar as ações e os serviços de saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS). A SMS administrava uma rede própria de serviços com 92 postos de saúde, 2 Centros de Especialidades Odontológicas (CEO), 1 Centro de Especialidades Médicas (o José de Alencar), 2 farmácias populares, 14 Centros de Atenção Psicossocial (CAPS), 8 hospitais secundários, 1 hospital terciário, 1 hospital de atenção secundária e terciária e o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU).

Na época, os serviços de atenção primária ou básica eram oferecidos pelos postos de saúde de Fortaleza, tendo como referência o Programa Saúde da Família. Os postos reuniam médicos, enfermeiros, dentistas e agentes comunitários de saúde, e contavam com o suporte dos Núcleos de Apoio à Saúde da Família (NASF), formados por outros profissionais: fisioterapeutas; educadores físicos; terapeutas ocupacionais; e nutricionistas.

A atenção secundária reunia os serviços especializados, terapêuticos e de apoio diagnóstico em uma rede hospitalar pública ou conveniada com serviços de atendimento de urgência e emergência e tratamentos para problemas de saúde mais complexos. Na rede, existiam aparelhos de raios X, endoscopia, ecocardiografia e ultrassom, entre outros. Os serviços contavam com profissionais especializados em cirurgia geral, ginecologia, obstetrícia, pediatria, oftalmologia e psiquiatria. Tais serviços aconteciam em 8 hospitais distritais, conhecidos como Frotinhas (três) e Gonzaguinhas (três), além do Centro de Atenção à Criança e do Hospital Nossa Senhora da Conceição.

A atenção terciária ou de alta complexidade compreendia o conjunto de terapias e procedimentos de elevada especialização, que empregavam tecnologias mais avançadas em hospitais mais estruturados.

17. Em Fortaleza, a incineração acontecia na Central de Tratamento de Resíduos Perigosos, no bairro Passaré.

A atenção terciária era realizada, principalmente, pelo Instituto Dr. José Frota (IJF).

Na época da pesquisa, o IJF oferecia serviços e procedimentos de alta complexidade em traumatismo-ortopedia, queimaduras e intoxicações e cirurgias vasculares, cardiovasculares, neurológicas, bucomaxilofaciais e oncológicas.

No total, a rede hospitalar municipal possuía 1.206 leitos, sendo 753 nos hospitais secundários, 453 no hospital terciário.

O trabalho de campo consistiu em visitar o Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos (CTRP), localizado no bairro Jangurussu, para conhecer e caracterizar o equipamento utilizado na incineração do RSS, bem como acessar os arquivos com os quantitativos de RSS enviados pelos hospitais escolhidos para a pesquisa: Instituto Dr. José Frota; Hospitais Distritais (Maria José Barroso de Oliveira, Evandro Ayres de Moura e Edmilson Barros de Oliveira, conhecidos em Fortaleza como “frotinhas”); Hospitais Gonzaga Mota (de Messejana, do José Walter e da Barra do Ceará, conhecidos como “gonzaguinhas”); Centro de Especialidade Médicas José de Alencar e Hospital Nossa Senhora da Conceição.

Na época, a empresa Marquise era responsável pela operação do equipamento sob supervisão de um engenheiro da prefeitura. O equipamento, de origem alemã, era destinado a tratar os resíduos provenientes dos estabelecimentos prestadores de serviços à saúde humana e animal, públicos e particulares, desde que o serviço fosse contratado.

Quando os RSS (Grupos A, B e E) - já segregados e acondicionados nos respectivos geradores - chegavam ao CTRP, eram pesados em balança rodoviária, descarregados no fosso e, em seguida, incinerados.

O incinerador de Fortaleza era do tipo leito fluidizado e possuía duas câmaras e uma eficiência de 98%. Em linhas gerais, o RSS era queimado na câmara primária (a aproximadamente 900°C) e os gases oriundos desse processo eram tratados na câmara secundária (a aproximadamente 1000°C).

Os gases gerados durante o processo de incineração passavam por lavagem ácida e alcalina sob pressão. O efluente gerado nesse processo era enviado à Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) existente no próprio CTRP, onde ocorria tratamento físico-químico e por osmose reversa, com reaproveitamento interno da água tratada. O lodo formado passava por um leito de secagem e depois era enviado ao aterro sanitário, assim como as cinzas.

Do ponto de vista legal, as cinzas e as escórias provenientes do processo de tratamento térmico deveriam ser consideradas, para fins de disposição final, como resíduos Classe I - Perigoso. Elas somente poderiam ser destinadas ao aterro sanitário se comprovada sua inertização. O incinerador de Fortaleza era licenciado pela Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA).

Em relação à capacidade de processamento, o equipamento foi projetado para tratar diariamente até 10 toneladas de RSS e funcionava 24h. Sua manutenção era realizada mensalmente para retirar o excesso de cinzas que ficava depositado no fundo da câmara primária e a cada quatro meses para verificar algum dano estrutural.

Durante a pesquisa, todos os trabalhadores utilizavam EPI adequado, a saber, abafador de ruídos, capacete, máscara, luvas, óculos e botas. Além disso, a empresa executava os programas Serviço Especializado de Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) e Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA).

Sobre os custos da incineração, os estabelecimentos particulares pagavam até R\$ 1,34 por kg de RSS, enquanto os geradores públicos pagavam até R\$ 1,17/kg.

Observamos que a quantidade de RSS enviada para a incineração variou bastante de um estabelecimento para outro, possivelmente em decorrência do nível de atenção (primária, secundária ou terciária), porte, número de leitos e atendimentos e qualidade do sistema de gerenciamento interno do RSS.

Na época, a unidade que mais enviou RSS ao incinerador foi o Instituto Dr. José Frota (560.173 kg). A maior quantidade foi enviada em outubro (48.950 Kg) e a menor em fevereiro (41.960 kg).

O IJF, que fica no centro de Fortaleza, era o maior hospital público terciário de urgência e emergência do estado do Ceará. Tinha uma capacidade instalada de 453 leitos, realizava uma média de 15.500 atendimentos por mês e contava com 2.191 servidores empenhados em prestar serviço à população. O IJF disponibilizava atendimento 24 horas para pacientes de alta complexidade e era referência nos casos de traumatologia. Cerca de 50% das pessoas atendidas eram de municípios do interior e região metropolitana de Fortaleza. O hospital atendia a pacientes de todas as idades, principalmente os casos de traumas, queimaduras e intoxicações.

O Hospital Distrital Maria José Barroso de Oliveira, que fica na Parangaba, ocupou o 2º lugar com 58.709 kg de RSS por ano. A maior quantidade foi enviada em maio (6.543 kg) e a menor em dezembro (3.628 kg). O hospital era considerado referência em casos menos graves na área de traumatologia e contava com 64 leitos. A unidade realizava mais de 500 atendimentos por dia.

Em 3º lugar ficou o Hospital Distrital Gonzaga Mota, em Messejana, que enviou ao incinerador 55.472 kg de RSS, sendo a maior quantidade em outubro (5.515 kg) e a menor em fevereiro (3.515 kg). O hospital era uma unidade de referência na assistência materno-infantil. Tinha como especialidades ginecologia, obstetrícia, cardiologia, mastologia, geriatria e pediatria, além de serviços em endocrinologia, pneumologia, traumatologia, ortopedia, anestesiologia, infectologia e neonatologia. Em números, a instituição realizava mais de 32 mil atendimentos na área de ginecologia e obstetrícia, mais de 53 mil atendimentos de emergência, mais de 18 mil exames de imagem e mais de 275 mil exames laboratoriais. A maternidade dessa unidade realizava a maior média de partos do Ceará, cerca de 500 por mês. Na época, o hospital tinha 97 leitos e contava com 389 profissionais de saúde.

Em 4º lugar ficou o Hospital Distrital Evandro Ayres de Moura (no Antônio Bezerra), que enviou 50.435 kg de RSS. A maior quantidade foi enviada em junho (5.640 kg) e a menor em março (3.322 kg). Na época da pesquisa, o hospital realizava atendimento de urgência e emergência com especialidades em clínica médica, pediatria, cirurgia e traumatologia-ortopedia. Tinha 69 leitos, sendo 36 cirúrgicos (15 de cirurgia geral e 21 de traumatologia-ortopedia), 12 de clínica geral, 8 leitos de pediatria clínica, 10 de UTI para adultos e 3 de cuidados intermediários para adultos.

Os serviços de diagnóstico contavam com equipamentos de imagem para radiologia e ultrassonografia. Existia também um laboratório clínico para atender os pacientes internados com exames microbiológicos, bioquímicos, hematológicos e imuno-hematológicos (sangue), sorológicos e imunológicos, coprológicos (fezes) e de uroanálise (urina).

Em 5º lugar ficou o Hospital Gonzaga Mota, do José Walter, ao enviar para incineração 33.267 kg de RSS. A maior quantidade foi registrada em setembro (3.808 Kg) e a menor em agosto (1.198 kg). A unidade, além da emergência 24h, oferecia atendimento nas áreas de ginecologia, mastologia, puericultura, nefrologia pediátrica, endocrinologia pediátrica, cardiologia, geriatria, pequenas cirurgias, nutrição, psicologia, terapia ocupacional, fisioterapia, ultrassonografia, planejamento familiar e vacinação.

Em 6º lugar ficou o Hospital Distrital Nossa Senhora da Conceição, no Conjunto Ceará, ao enviar ao incinerador 32.549 kg de RSS. A maior quantidade foi observada em junho (4.919 kg) e a menor em novembro (1.745 kg). O hospital tinha 98 leitos, sendo 31 de clínica geral, 30 de pediatria, 28 de obstetrícia, 8 de cuidados intermediários neonatais e 1 leito de cirurgia geral. A instituição contava com uma equipe de 387 profissionais, dos quais 149 eram médicos. A população atendida no hospital tinha acesso a exames laboratoriais, VDRL (para diagnóstico de sífilis), glicose, ureia, creatinina e anti-HIV. O hospital também oferecia exames preventivos do câncer

ginecológico, radiologias, ecocardiogramas, endoscopias digestivas, mamografias e ultrassonografias. Para os bebês que nasciam no hospital, testes do pezinho, da orelhinha e do coração.

Em 7º lugar ficou o Hospital Distrital Edmilson Barros de Oliveira, em Messejana, com 31.730 kg de RSS. A maior quantidade foi observada em novembro (3.512 kg) e a menor em abril (2.235 kg). O hospital atendia 400 pessoas diariamente.

Em 8º lugar, o Hospital Gonzaga Mota da Barra do Ceará, que enviou ao incinerador 16.545 kg de RSS. A maior quantidade de resíduos foi enviada em maio (1.673 kg) e a menor em fevereiro (966 kg). A unidade oferecia serviço de pronto atendimento em pediatria, clínica médica, obstetrícia e ginecologia, atendendo cerca de 7 mil pacientes por mês, e ainda era equipada para prestar atendimento ambulatorial e realizar exames de ultrassom, mamografia e raios X.

Por último, o Centro de Especialidades Médicas José de Alencar, que enviou ao incinerador 15.726 kg de RSS, sendo a maior quantidade em abril (1.933 kg) e a menor em janeiro (895 kg). A unidade possuía um laboratório para testes de HIV.

Os resultados obtidos na pesquisa, apesar de exploratória, permitiram concluir que o tema da incineração era pouco investigado em Fortaleza, dificultando a realização da pesquisa, por um lado, e agregando valor pelo seu ineditismo, por outro lado.

Na época, aparentemente, a quantidade de RSS enviada para incineração condizia com a realidade de cada hospital, mas não foi possível avaliar se programas com vistas à minimização da geração de resíduos, medidas para a redução dos riscos à saúde do trabalhador e ações voltadas para a busca da sustentabilidade estavam sendo desenvolvidos nos hospitais.

A pesquisa sobre resíduos industriais ocorreu dentro de uma montadora de carros que funcionava no município de Horizonte, Região Metropolitana de Fortaleza, objetivando caracterizar seus resíduos e formas de gerenciamento.

Inicialmente foram levantadas informações sobre o processo produtivo, capacidade operacional e principais matérias-primas. Em seguida, foram realizadas visitas aos diversos setores da indústria para identificar os resíduos sólidos gerados em cada etapa do processo de fabricação dos carros. Logo depois, foi empreendida consulta/análise de documentos e relatórios existentes no arquivo da indústria que versavam sobre os quantitativos de resíduos. O acesso ao arquivo foi facilitado porque a pesquisa continha a possibilidade de contribuir para a melhoria do sistema de gestão ambiental e de gerenciamento de resíduos da empresa.

A indústria pesquisada, na realidade, era uma divisão de uma montadora de veículos multinacional, considerada de médio porte – com cerca de 500 funcionários – e produtora de um único modelo de veículo, mas com grande variedade de opcionais. A organização interna da indústria estava disposta em diversos setores como manufatura, engenharia, engenharia de processo, tempo e métodos, recursos humanos, financeiro, logístico, entre outros.

No setor de manufatura, o principal componente utilizado era um compósito à base de fibra de vidro, resina e catalisadores. Na área da laminação, era realizada a moldagem das peças do carro, com limpeza e preparação dos moldes, aplicação e cura do gel coat, colocação das mantas de fibra de vidro, aplicação da resina, aplicação de insertos de metal e desmoldagem da peça. Na montagem da carroceria ocorria a rebarbação da peça (corte das bordas para ajustes finais) e a montagem das partes (algumas correções eram feitas com uso de massa plástica). Em seguida, o veículo era encaminhado para um cuidadoso processo de preparação da superfície e pintura e, finalmente, encaminhado para os postos da linha de montagem, onde eram feitas a adição do chassi, motor, bancos, pneus, bateria, toda a estrutura de ignição e demais componentes do carro.

Sobre os resíduos, percebemos uma maior geração da Classe II (Não

Perigosos) que da Classe I (Perigosos). Em termos percentuais, a Classe II representava 58,9% do total gerado em um ano (ou seja, 337,26 toneladas) e a Classe I alcançava 41,1% (234,87 toneladas/ano).

Entre os resíduos da Classe II, o mês com menor geração foi janeiro (2,30 toneladas) e o mês com maior geração foi junho (42,7 toneladas). Já entre os resíduos da Classe I, o mês com menor geração foi abril (9,57 toneladas) e o com maior geração foi março (39,84 toneladas). As flutuações na geração de resíduos mantinham relação com a dinâmica de produção.

Observamos um crescente aumento na quantidade de material passível de reciclagem ou reaproveitamento (299,49 toneladas/ano), e esse total representava 88,80% dos resíduos da Classe II.

Na indústria, os principais exemplos de resíduos da Classe II eram papel branco e papelão, plástico misto, sucata metálica mista e sucata de madeira. O solvente contaminado, apesar de ser um resíduo Classe I, era vendido, purificado e utilizado como matéria-prima para produção de tintas, o que também caracterizava um processo de reciclagem.

Em relação ao envio de resíduos sólidos para aterros sanitários, observamos um crescente aumento ao longo do ano, totalizando 68,68 toneladas. Esse quantitativo representava 20,36% (em massa) dos resíduos da Classe II.

Sobre o envio de resíduos sólidos para incineração/coprocessamento, observamos a geração de 221,02 toneladas/ano, ou seja, 94,10% (em massa) do total de resíduos Classe I.

Na época, o panorama da indústria automobilística nacional estimava, para cada veículo produzido no Brasil, a geração de 0,28 toneladas de resíduos. Na pesquisa que realizamos, esse indicador foi bem maior: 0,92 toneladas por veículo.

A pesquisa permitiu concluir que o principal destino para os resíduos produzidos na indústria em estudo era a reciclagem/reaproveitamento, o que significava uma alternativa adequada e de grande valor econômico, social e ambiental.

O sistema de gerenciamento de resíduos sólidos da indústria estudada se mostrava eficiente, e era perceptível o interesse interno em estabelecer e manter metas de redução da geração de resíduos e de destinações finais adequadas. Na época, ficou como sugestão a implementação de um sistema de compostagem para as sobras de alimentos, produzindo composto para as áreas verdes da fábrica e reduzindo o envio ao aterro sanitário.

A pesquisa sobre lâmpadas fluorescentes pós-consumo objetivou identificar o destino final desse resíduo em estabelecimentos comerciais de Fortaleza-CE.

O primeiro momento da pesquisa envolveu a realização da revisão de literatura, por meio da qual foi possível conceituar os resíduos sólidos urbanos e os resíduos perigosos. Em seguida, a revisão permitiu ampliar a compreensão sobre o tema principal do trabalho: as lâmpadas fluorescentes pós-consumo.

O segundo momento da pesquisa envolveu a elaboração dos questionários e as visitas a 35 estabelecimentos comerciais de Fortaleza, nas quais o gerente ou proprietário foi convidado a participar (o entrevistado poderia ficar com o questionário para devolver outro dia ou responder na ocasião da visita).

Foram visitados 9 shopping centers, 5 lojas de variedades, 5 órgãos públicos, 4 supermercados, 2 concessionárias de veículos, 2 instituições de ensino, 1 posto de combustível, 1 hotel, 1 empresa de plano de saúde, 1 clube social, 1 farmácia, 1 loja de calçados, 1 torre empresarial e 1 centro de saúde. Ao todo, quinze bairros foram visitados, sendo eles: Cidade dos Funcionários, Castelão, Maraponga, Parangaba, Vila União, Cocó, Meireles, Alagadiço São Gerardo, Benfica, Fátima, José Bonifácio, Joaquim Távora, Dionísio Torres, Aldeota e Centro (região em que foram feitas mais entrevistas pela maior diversidade de estabelecimentos).

O primeiro quesito investigado foi a vida útil das lâmpadas fluorescentes em cada estabelecimento. Entre os locais visitados, 60% responderam que as lâmpadas duravam até 12 meses; 26% entre 12 e

24 meses; e os demais não souberam responder. A vida útil mais curta foi observada nos shopping centers (dois meses).

O segundo quesito investigado foi o armazenamento das lâmpadas fluorescentes pós-consumo. Observamos que 43% dos estabelecimentos guardavam as lâmpadas em depósitos ou no almoxarifado (não cedendo mais detalhes e nem permitindo que fossem feitos registros fotográficos); outros 43% as colocavam dentro de contêineres misturadas com outros resíduos; 8% não sabiam informar; 3% armazenavam as lâmpadas ao ar livre; e 3% armazenavam em tambores apropriados.

O terceiro quesito investigado foi o destino final das lâmpadas pós-consumo. Em 49% dos locais visitados, as lâmpadas eram coletadas por empresas especializadas no transporte de resíduos perigosos; 31% enviavam suas lâmpadas para o aterro sanitário (como se fossem lixo comum); 14% não sabiam informar; e apenas 6% afirmavam devolver as lâmpadas inutilizadas aos seus vendedores, praticando o sistema de logística reversa¹⁷.

Em seguida, buscamos saber quantos estabelecimentos tinham Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) e Licença Ambiental. Dos 35 locais visitados, 40% afirmavam possuir PGRS, 51% não tinham ou estavam em fase de elaboração e 9% não sabiam informar. Sobre a licença ambiental, 74% dos entrevistados garantiam ter, 14% não possuíam licença e 12% não sabiam responder. Pedimos às empresas que afirmavam ter PGRS e Licença Ambiental que nos concedessem permissão para verificar os documentos, mas apenas dois estabelecimentos visitados permitiram.

Em Fortaleza, na época da pesquisa, conhecemos uma empresa que realizava a descontaminação de lâmpadas fluorescentes pós-consumo. No local, uma máquina executava a quebra das lâmpadas e sucção dos gases liberados. O equipamento possuía três filtros, sendo os dois primeiros chamados de filtros de sacrifício (para retenção de particulados, pó de fósforo e vidro aspirado) e o terceiro filtro, de carvão ativado, adsorvia o mercúrio em estado sólido (cristais).

A empresa descontaminava lâmpadas tubulares, de bulbo e eletrônicas. Após a descontaminação, os resíduos de plástico, alumínio e vidro eram separados e encaminhados para destinos licenciados. O valor cobrado para a descontaminação era de R\$ 1,80 por lâmpada. O gasto com a manutenção do maquinário variava de acordo com a quantidade de lâmpadas descontaminadas por mês, mas se aproximava de R\$ 600,00/mês. A empresa possuía aproximadamente 170 clientes. Ela fazia, periodicamente, laudos de classificação dos seus resíduos, e apenas o filtro de carvão ativado recebia o enquadramento como Classe I (Perigoso).

Os resultados obtidos na pesquisa permitiram concluir que o tema das lâmpadas fluorescentes pós-consumo era pouco investigado em Fortaleza; que a maioria das pessoas entrevistadas não conseguia reconhecer o risco do manejo incorreto daquele resíduo; e que as alternativas de destinação final não atendiam ao previsto na legislação ambiental.

Na época, ficou como recomendação realizar uma pesquisa mais abrangente em Fortaleza para traçar um diagnóstico sobre o tema na cidade de modo a incentivar as fiscalizações bem como o debate sobre a logística reversa.

Na pesquisa sobre compostagem objetivamos desenvolver e monitorar mini-composteiras na Base Aérea de Fortaleza (BAFZ) para o tratamento adequado dos resíduos alimentares gerados.

A BAFZ foi criada em 21 de setembro de 1936 e ocupava uma área construída de 26.000m² dentro de um terreno de 40.000m². Na época, era comandada pelo Coronel Aviador Marcondes Fontenele de Meneses e constituída por um efetivo de 1.270 pessoas.

A BAFZ era formada por diversos esquadrões. O experimento foi realizado no Esquadrão de Infra-Estrutura, localizado ao lado do refeitório, e responsável pelos serviços de limpeza, conservação, paisagismo, eletricidade, hidráulica e mecânica, entre outros.

- 18.** Logística Reversa: “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010).

A escolha do local para abrigar as composteiras levou em consideração duas questões: sua proximidade com o refeitório, de onde foram obtidos os resíduos alimentares, e sua proximidade com o setor da carpintaria, que permitiu coletar resíduos de serragem para o processo.

Na época da pesquisa, o refeitório ocupava uma área de 558,30m² e apresentava um efetivo de 62 funcionários, entre militares e civis, sendo que aproximadamente 800 pessoas faziam refeições diariamente. O refeitório ofertava três refeições: café da manhã; almoço; e jantar. No refeitório existia uma iniciativa de coleta seletiva de resíduos – úmidos e secos –, o que facilitou o trabalho de campo.

Como o propósito do trabalho era desenvolver uma composteira para pequenas quantidades de resíduos, as principais ferramentas utilizadas foram enxada, pá, ciscador, carrinho de mão e tambores de plástico (100 litros) e de metal (150 litros).

Para facilitar a aeração dentro dos tambores, foi introduzido no centro da massa um tubo vazado de PVC de 75mm de diâmetro e 1m de comprimento e, na ponta superior do tubo, foi acrescentado um conector (curva) para melhor direcionar/captar o vento/oxigênio.

O líquido percolado foi coletado e recirculado no sistema. Com isso, tanto os nutrientes quanto a umidade e os microrganismos foram redistribuídos, contribuindo para a digestão dos materiais dentro da composteira. Outro ponto a destacar é que a recirculação evitava o uso de água bruta ou potável. O uso do lixiviado era feito concomitantemente com os revolvimentos, de modo a garantir a dispersão de água o mais uniformemente possível sobre a massa, evitando caminhos preferenciais.

O cronograma de revolvimento seguiu duas programações: inicialmente com sete dias de intervalo e, posteriormente, com quinze dias de intervalo.

Os resíduos do refeitório foram inicialmente pesados em balança digital e transportados até o local do experimento.

Em dois dias, foram inseridos em cada tambor, 68,0 kg de restos alimentares, 6,0 kg de resíduos derivados da capinação, 3,0 kg de serragem e 16,0 kg de esterco caprino. Dessa forma, cada tambor recebeu, no total, 93,0 kg de matéria-prima, na qual se visualizava facilmente a presença de hortaliças, cascas de batata, feijão, pão, pequenos pedaços de carne, arroz, melancia e borra de café.

Os resíduos foram dispostos em camadas alternadas, ou seja, uma camada de resíduo carbonáceo e outra de resíduo alimentar. Os mais grosseiros foram previamente triturados em liquidificador industrial. Essa redução, além de aumentar a área de contato, otimizava a fermentação.

A primeira camada foi formada por resíduos secos e tinha aproximadamente 15 cm de altura. Tais resíduos minimizavam o acamamento e a possível carência de oxigênio, uma vez que apresentavam uma granulometria mais grosseira e heterogênea, permitindo um bom arejamento. Em seguida, foi realizada leve irrigação sem encharcar o substrato. A segunda camada, também de 15 cm, foi composta por resíduos úmidos.

O monitoramento das composteiras foi realizado durante 3 (três) meses e escolhidos dois parâmetros para verificar a qualidade do sistema desenvolvido: temperatura e umidade.

A determinação da umidade no composto foi feita em estufa de secagem microprocessada, digital e ajustada para trabalhar a 65°C. Cada amostra de 200 g foi retirada do interior do equipamento a cada 24h para pesagem, até que se atingisse peso constante, o que aconteceu após quatro dias (quatro pesagens). A medição da temperatura foi realizada através de leitura direta com termômetro digital de haste.

O teor de umidade após 24h no interior da estufa (1ª pesagem) variou entre 41,0% (amostra nº 4) e 46,0% (amostras nº 2 e nº 5). O valor médio da umidade das oito amostras analisadas ao mesmo tempo foi de 44,2%. Após 48 horas (2ª pesagem), a umidade variou de 41,5%

(amostra nº 4) a 47,0% (amostra nº 2) e a média das oito amostras foi 44,5%. Já o teor de umidade após 72 horas (3ª pesagem) variou de 41,5% (amostra nº 4) a 47,0% (amostra nº 2) e a média das oito amostras foi 44,6%. Por fim, o teor de umidade após 96 horas (4ª pesagem) variou de 41,5% (amostra nº 4) a 47,0% (amostra nº 2) e a média das oito amostras foi 44,7%, mostrando pouca diferença (%) para o resultado obtido no ensaio anterior, o que indicou o fim do ensaio.

Em relação à medição da temperatura, observamos o estabelecimento de três fases distintas: mesófila, quando o composto apresentou temperatura média de 33 °C, entre 0 e 22 dias; termófila (45°C, entre 23 e 45 dias) e crófila (27°C, entre 46 e 90 dias).

As temperaturas registradas, embora estivessem de acordo com os intervalos do processo de compostagem, não

foram ideais. Na fase termófila, por exemplo, a literatura afirma que a temperatura ideal é em torno de 55 °C, ou seja, acima do observado.

Na pesquisa, três outros parâmetros foram medidos no composto pronto, mas sem a frequência científica adequada: nitrogênio (1,12%); carbono (108,1 g/kg); e pH (5,5).

O composto obtido com a pesquisa foi aplicado no plantio de mudas no jardim existente na frente da BAFZ e numa área verde em frente ao cassino dos graduados.

O trabalho desenvolvido permitiu concluir que as minicomposteiras foram de fácil instalação e monitoramento, além de terem representado uma alternativa de tratamento de resíduos orgânicos com baixo custo, e que o processo de compostagem instalado na BAFZ constituiu uma importante fonte interna de educação ambiental.



6

As pesquisas de 2014

19. Em Fortaleza, a Lei 10.340/2015 estabelece normas de responsabilidade sobre a manipulação de resíduos produzidos em grande quantidade ou de naturezas específicas, e dá outras providências. Para os efeitos desta lei, são considerados grandes geradores e responsáveis pelo custeio dos serviços de segregação prévia, acondicionamento, transporte interno, armazenamento, coleta, transporte externo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada de resíduos sólidos ou disposição final ambientalmente adequada de rejeitos: I - os geradores de resíduos sólidos caracterizados como resíduos da Classe II, não perigosos, pela NBR 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, em volume igual ou superior a 100 (cem) litros por dia; II - os geradores de resíduos sólidos da construção civil, nos termos da Resolução CONAMA nº307, de 5 de julho de 2002, em volume igual ou superior a 50 (cinquenta) litros por dia; III - os geradores de resíduos sólidos caracterizados como resíduos da Classe I, perigosos, pela NBR 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, qualquer que seja o seu volume.

Em 2014, as pesquisas trataram da composição gravimétrica, coleta seletiva, resíduos de bares e restaurantes e resíduos das barracas de praia de Fortaleza.

Com a pesquisa sobre composição gravimétrica objetivamos caracterizar os resíduos sólidos gerados no Centro Administrativo Governador Virgílio Távora - CAGVT, localizado no bairro Cambé, em Fortaleza.

Na época, o CAGVT era formado por 12 instituições públicas estaduais: Controladoria e Ouvidoria Geral; Corregedoria Geral de Justiça; Escola de Gestão Pública; Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará; Secretaria da Educação; Secretaria da Infraestrutura; Secretaria das Cidades; Secretaria do Planejamento e Gestão; Secretaria do Turismo; Secretaria dos Recursos Hídricos; Tribunal de Contas dos Municípios; e Tribunal de Justiça.

Os resíduos sólidos do CAGVT eram provenientes das funções administrativas de cada órgão, dos serviços prestados para a alimentação dos servidores, da poda das áreas verdes, da varrição dos pátios, dos serviços de higienização dos ambientes e banheiros, do setor de manutenção e reforma etc.

A quantidade de resíduos gerada no CAGVT classificava o local como grande gerador¹⁸, ou seja, por exceder 100L por dia, todos os custos com os serviços de acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final recaíam sobre o próprio CAGVT.

Na época, os resíduos do CAGVT eram coletados por empresas terceirizadas diariamente e sua composição era

totalmente desconhecida (o que dificultava a implantação e o sucesso de um possível programa de coleta seletiva).

Para facilitar a logística do trabalho de campo, os resíduos das 12 instituições foram agrupados em 4 pontos: Ponto 1 (Corregedoria Geral de Justiça e Tribunal de Justiça), Ponto 2 (Controladoria e Ouvidoria Geral, Escola de Gestão Pública, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, Secretaria das Cidades, Secretaria do Planejamento e Gestão, Secretaria do Turismo), Ponto 3 (Tribunal de Contas dos Municípios), Ponto 4 (Secretaria da Educação, Secretaria da Infraestrutura, Secretaria dos Recursos Hídricos).

Na área do CAGVT também existia o Centro de Convivência do Servidor Público, que contava com agências bancárias, setor administrativo, auditório, banheiros e restaurante. Os resíduos do restaurante foram encaminhados ao Ponto 4, enquanto os descartes dos demais setores foram direcionados ao Ponto 2.

Os ensaios de composição gravimétrica foram realizados nas proximidades dos contêineres utilizados para armazenamento temporário dos resíduos. A amostragem ocorreu durante os meses de fevereiro, março e abril. Foram analisados resíduos gerados no turno da manhã e de segunda a sexta-feira.

Os resíduos sólidos foram retirados dos contêineres ainda dentro dos sacos plásticos e de forma aleatória. Após esse procedimento, verificamos que existiam aproximadamente 360Kg de resíduos sobre a lona plástica previamente estendida. Desse total, 26,2% (em massa) vieram do Ponto 3 (Tribunal

de Contas dos Municípios), 25,2% do Ponto 4 (Secretaria da Educação, Secretaria da Infraestrutura, Secretaria dos Recursos Hídricos), 24,6% do Ponto 2 (Controladoria e Ouvidoria Geral, Escola de Gestão Pública, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, Secretaria das Cidades, Secretaria do Planejamento e Gestão, Secretaria do Turismo) e 23,9% do Ponto 1 (Tribunal de Justiça e Corregedoria Geral de Justiça).

O primeiro passo do quarteamento resultou em quatro amostras de 90Kg cada. Em seguida, eliminamos duas partes opostas, restando 180Kg. O segundo passo do quarteamento resultou em quatro amostras de aproximadamente 45Kg cada, sendo descartadas três, e uma analisada. No trabalho de campo, utilizamos uma balança de capacidade máxima 150Kg, algumas lonas plásticas de 15m² e tambores plásticos de 100 litros.

Sobre a massa final (45Kg) investigamos a presença (% massa/massa) dos seguintes componentes: papel/papelão (papel, papelão, jornal e embalagem longa vida); rejeitos (material de banheiro, fralda, trapos, areia e outros); plásticos (flexível, rígido, PET, PVC e outros); restos de alimentos; resíduos de jardim (incluindo madeira); metais (ferro e alumínio); vidros (claro e escuro); e borrachas.

Foram encontrados os seguintes resíduos: 25,1% dos resíduos eram papel/papelão, 21,9% eram rejeitos, 20,2% eram plásticos, 19,7% eram restos de alimentos, 7,7% eram resíduos de jardim, 3,6% eram metais, 1,4% eram vidros (claro e escuro) e 0,4% eram borrachas.

Dito de outra forma, 50,3% do total poderia receber a classificação de resíduo seco, 27,4% de resíduo úmido e 22,3% de rejeito, demonstrando forte potencial do local para a prática da coleta seletiva, reutilização, reciclagem e compostagem (inclusive, a Secretaria de Educação (SEDUC) tinha uma composteira no Recanto Ecológico, promovia oficinas e cursos de permacultura para alunos, professores, técnicos de órgãos públicos e pessoas interessadas no assunto). A SEDUC era a única das instituições do

CAGVT com uma agenda ambiental, onde constavam as ações realizadas e também as propostas, os objetivos e metas a serem cumpridos.

O maior percentual de resíduo classificado como seco (54,5%) foi observado nas amostras do Ponto 3; como resíduo úmido (34,7%) no Ponto 4, e, como rejeito (27,4%) no Ponto 2.

Na época, apenas a Secretaria do Planejamento e Gestão (SEPLAG) e Secretaria de Educação (SEDUC) separavam uma parte dos resíduos secos e doavam para a Sociedade Comunitária de Reciclagem de Lixo do Pirambu (SOCRELP), totalizando 3.474Kg por ano.

Observamos também que a quantidade de cada componente dos resíduos, durante os dias de estudo, apresentava uma tendência de crescimento ou redução; restos de alimentos, vidros, papel/papelão, metais e plásticos tendiam a crescer, em massa, do primeiro para o último dia. Os demais grupos de resíduos (rejeitos, resíduo de jardim/madeira) apresentavam tendência à redução.

Os resultados obtidos permitiam concluir que a qualidade dos resíduos sólidos gerados no CAGVT apontava para um possível sucesso de um amplo programa de coleta seletiva na instituição; que a sistematização das informações levantadas poderia contribuir para a melhoria das práticas de gerenciamento, que eram muito individualizadas, e que o gerenciamento adequado dos resíduos no CAGVT seria uma oportunidade para a instituição melhorar seus indicadores de responsabilidade ambiental e social.

Na pesquisa sobre coleta seletiva tomamos como objeto de estudo um programa em execução na sede da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), contribuindo para sistematizar sua história, importância e resultados alcançados.

A iniciativa de coleta seletiva dentro da empresa, na época da pesquisa, completava 10 anos e até então, suas informações e dados não tinham sido sistematizados como forma de reconhecer

o esforço e o trabalho de todos para o sucesso daquele programa (tinha grande chance de influenciar positivamente outras empresas em relação ao tema dos resíduos sólidos).

Dito isso, a primeira etapa da pesquisa consistiu em acessar os arquivos da empresa para conhecer seu histórico de ações no campo da preservação ambiental, no âmbito da coleta seletiva e sobre os trabalhos desenvolvidos para a conscientização ambiental de seus funcionários.

Em um segundo momento foi realizado o levantamento dos dados sobre o programa de coleta seletiva, ou seja, dados da quantidade de materiais recicláveis separados internamente e doados entre 2004 e 2014.

Em um terceiro momento foi aplicado um questionário online com os funcionários da empresa, abordando diversos assuntos relacionados às questões ambientais, aos impactos causados pelos resíduos sólidos, à aplicabilidade da coleta seletiva na organização. No mesmo questionário foi destinado um espaço para cada entrevistado expor críticas e considerações a respeito do programa de coleta seletiva implantado.

A CAGECE, na época da pesquisa, como uma empresa prestadora de serviços de saneamento básico, operava em 151 municípios do estado, tendo sido criada em 20 de julho de 1971, por meio da Lei 9.499, sob a forma de Empresa de Economia Mista. Ela apresentava uma arquitetura organizacional formada por Unidades de Negócio e de Serviço na capital e no interior do estado, de modo a estar mais próxima das necessidades locais dos seus clientes.

Em sua sede, a coleta seletiva funcionava de duas formas: em recipientes coloridos dispostos estrategicamente pelas áreas comuns, conforme o tipo de resíduo (papel = azul, plástico = vermelho, vidro = verde e metal = amarelo) e dentro das salas de trabalho, onde eram disponibilizadas lixeiras em duas cores (bege para lixo misturado e azul para os papéis).

O programa foi iniciado em 2004 e até o segundo semestre de 2014 tinha coletado aproximadamente 88.295 Kg de materiais recicláveis, sendo 49.811 Kg de papel/papelão (56,4%), 33.659 Kg de metais (38,1%), 3.319 Kg de plásticos (3,7%) e 1.506 Kg de vidro (1,8%). Na época, contribuíam para tais números, alguns materiais provenientes da coleta seletiva domiciliar realizada por muitos funcionários da empresa.

Sobre o destino dos materiais, uma empresa realizava a coleta, pesagem, comercialização e repasse dos valores adquiridos para o Lar Amigos de Jesus (uma associação filantrópica que prestava assistência, acolhimento e apoio educacional, pedagógico e de lazer a crianças e adolescentes que se encontravam em Fortaleza para tratamento de câncer, doenças renais e cardíacas).

Na época, o local tinha refeitório, 14 dormitórios, salas de lazer e aprendizagem, salas de atendimento médico, odontológico e religioso, além de oficinas de artesanato para as mães dos beneficiados. Contava com 19 funcionários (formados por diretoria e conselheiros), 70 voluntários e 4 religiosas. Mais de mil crianças e adolescentes eram cadastrados na entidade e uma média de 40 eram atendidas diariamente no local.

O papel/papelão foi o resíduo com os maiores quantitativos na coleta seletiva pela relação direta com as atividades burocráticas, administrativas e de gestão realizadas pela empresa.

Observamos grande variação na quantidade de papel/papelão de um ano para outro, sendo que no 9º ano (2012) houve geração recorde (20.459 Kg) pelo descarte de uma grande quantidade de arquivos e documentos com validade expirada, conforme orientação do comitê de atualização da tabela de temporalidade de documentos.

O grupo dos metais, quantitativamente, ficou em 2º lugar no programa de coleta seletiva. Em 2006, observamos o maior índice do período estudado (10.759 Kg) devido à mudança da relojoaria dos hidrômetros (instrumentos de medição

volumétrica de água) utilizados pela empresa que, até então, era constituída de metal e posteriormente passou a ser constituída de plástico. Deste modo, o material em desuso pela CAGECE foi encaminhado para a reciclagem.

O grupo dos plásticos ficou em 3º lugar no quantitativo da coleta seletiva realizada na empresa. O maior índice de coleta ocorreu no ano de 2005 (2º ano) com 645 Kg coletados e o menor índice ocorreu no ano de 2007 (4º ano) com apenas 25 Kg coletados.

Por fim, o vidro (4º lugar em termos quantitativos) já que não tinha relação direta com o tipo de atividade realizada na sede da empresa. De todo modo, o maior índice ocorreu no ano de 2013 (10º ano) com 409 Kg e o menor em 2009 (6º ano), com apenas 12 Kg.

Sobre o questionário aplicado com os funcionários da empresa, inicialmente buscamos saber qual alternativa, na visão deles, era mais significativa para reduzir os impactos ambientais causados pela geração de resíduos sólidos. Para 40% dos entrevistados, revisar hábitos de consumo seria o melhor caminho, enquanto 31% apostavam no reaproveitamento e 29% na reciclagem.

Na época, a segunda questão investigada buscava saber se os funcionários separavam os resíduos em suas residências. Observamos que 46% dos entrevistados tinham o hábito regular de segregar os resíduos, enquanto 32% realizavam o procedimento esporadicamente e 22% não realizavam a separação.

A terceira questão investigada buscava saber qual o destino do resíduo reciclável separado pelos entrevistados em suas residências. Observamos que 50% dos entrevistados colocavam os materiais para coleta pública, ou seja, eles estavam - sem saber - destinando ao aterro sanitário, 37% entregavam seus resíduos para catadores autônomos ou associados, 13% levavam para o programa da CAGECE.

A quarta questão investigada buscava saber se os entrevistados contribuíam

com o programa de coleta seletiva da empresa, separando os materiais no ambiente de trabalho. Observamos que mais da metade dos entrevistados (58%) participava da iniciativa apesar de 48% dos entrevistados não terem recebido orientações e/ou treinamento interno sobre o assunto.

Diante dos resultados alcançados, concluímos que o programa de coleta seletiva da sede da CAGECE era um modelo de sucesso e exemplo para outras instituições; a parceria da empresa com o Lar Amigos de Jesus era um claro demonstrativo da responsabilidade social da empresa, ajudando a transformar a vida de muitas crianças e adolescentes e a maioria dos funcionários entendia que a diminuição dos impactos ambientais relacionados aos resíduos sólidos passava por mudanças nos hábitos de consumo.

A pesquisa sobre os resíduos sólidos gerados em bares e restaurantes foi realizada em 25 estabelecimentos do município de Maracanaú²⁰ com o objetivo de conhecer as práticas de manejo adotadas (segregação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento, destinação e disposição final).

A primeira etapa envolveu a revisão de literatura, onde foram realizadas pesquisas sobre resíduos sólidos, suas definições, classificações, formas de gestão e gerenciamento.

A segunda etapa compreendeu a elaboração dos questionários, observando aspectos da legislação federal, estadual e municipal sobre resíduos sólidos. O questionário aplicado continha perguntas abertas e fechadas e foram respondidas pelos proprietários ou gerentes dos estabelecimentos (restaurantes, bares e similares) no momento da visita.

As visitas ocorreram no período compreendido entre os meses de agosto, setembro e outubro de 2014.

Observamos que todos os estabelecimentos geravam plástico e restos de alimentos; 96% geravam óleo vegetal, 84% alumínio, 68% papel/papelão e 24% tanto pano/trapo quanto vidro.

20. Município da Região Metropolitana de Fortaleza.

Sobre o óleo vegetal, em particular, alguns estabelecimentos realizavam o descarte diretamente na pia da cozinha. Um dos entrevistados, por exemplo, relatava vários problemas com entupimento nas tubulações em decorrência desta prática. Outros entrevistados doavam o óleo vegetal para cooperativas produtoras de sabão e o resto de alimento para pequenos criadores de animais.

Sobre a coleta seletiva, observamos que apenas 44% dos estabelecimentos realizavam algum tipo de separação (e doação dos seus resíduos). Os demais apontavam os seguintes impeditivos: rotina sobrecarregada; inexistência de espaço interno adequado para armazenamento dos materiais; falta de conhecimento dos trabalhadores sobre o processo.

Na época, o plano municipal de gerenciamento integrado de resíduos sólidos de Maracanaú previa que a segregação de materiais ocorresse ainda na fonte geradora como também previa incentivar e promover ações junto a públicos específicos a fim de desenvolver o hábito de dispor separadamente os resíduos, possibilitando o reaproveitamento.

Observamos que 68% dos locais visitados produziam até 50 Kg/dia de resíduos (ou 250 L/dia) e 32% se aproximavam dos 100 Kg/dia (500 L/dia).

Pela legislação municipal da época, a maioria dos estabelecimentos não poderia usufruir da coleta pública gratuita porque gerava acima de 100 L/dia, devendo custear todo o processo de gerenciamento dos seus resíduos, mas, na prática, todos estavam colocando seus resíduos para a coleta pública. Alguns proprietários, inclusive, levavam os resíduos da empresa para outras ruas e avenidas na tentativa de alcançar a coleta pública diária. Além disso, apenas 16% dos entrevistados sabiam que o resíduo era enviado para o aterro sanitário municipal.

Sobre o acondicionamento, 72% dos locais visitados utilizavam sacos plásticos dentro de tambores, 24% acondicionavam somente sacos plásticos e 4% utilizavam apenas tambores.

Percebemos que o acondicionamento dos resíduos em sacos plásticos ajudava na logística de manuseio e coleta desde que estivessem preenchidos até 2/3 de sua capacidade, fechados de tal forma que não se permitisse derramamento, mesmo que virados com a abertura para baixo, e fossem mantidos íntegros até o tratamento ou a disposição final do resíduo.

Sobre o armazenamento, 60% dos estabelecimentos armazenavam seus resíduos em abrigo externo (lixeira) sem acesso restrito (o que facilitava a presença de catadores em busca de materiais recicláveis); 20% abrigavam dentro do estabelecimento e 20% abrigavam em ambiente externo com acesso restrito, como prevê a legislação.

Além da questão do acesso restrito, o abrigo de resíduo deve ser provido de pisos e paredes revestidos de material resistente, lavável e impermeável; possuir cobertura, ponto de iluminação artificial e de água, tomada elétrica alta e ralo sifonado com tampa devidamente ligado à rede de esgoto; quando provido de área de ventilação, esta deve ser dotada de tela de proteção contra roedores e vetores; ter porta de largura compatível com as dimensões dos coletores, que abra para fora e tenha proteção inferior contra roedores e vetores; permitir fácil acesso aos veículos de coleta externa; ser dimensionado com capacidade de armazenagem mínima equivalente à ausência de uma coleta regular.

Por fim, a pesquisa buscou saber quantos estabelecimentos tinham Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) e Licença Ambiental (LA): apenas 12% afirmavam ter o PGRS, sendo que nenhum mostrou o documento; contraditoriamente, 84% dos estabelecimentos afirmavam ter LA, sendo que sem PGRS não pode ser emitida LA, conforme a lei.

A pesquisa representou um primeiro passo para a sistematização de informações sobre o manejo dos resíduos sólidos gerados em bares e restaurantes de Maracanaú-CE e permitiu observar várias inadequações nas etapas do

gerenciamento motivadas - em parte - pela falta de conhecimento no assunto.

Considerando as atividades de rotina dos bares e restaurantes visitados, observamos grande potencial para a coleta seletiva, mas os materiais estavam sendo enviados para aterramento sanitário. O caso mais crítico, do ponto de vista financeiro e ambiental, foi observado no estabelecimento que despejava o óleo vegetal na pia.

A ausência de fiscalização alimentava o quadro observado nos estabelecimentos, principalmente no que se referia à ausência de PGRS e à prática da entrega dos resíduos para coleta pública gratuita.

A pesquisa sobre os resíduos sólidos gerados nas barracas de praia de Fortaleza envolveu a realização da revisão de literatura, elaboração de questionários (quando foram consideradas as leis federais, estaduais e municipais sobre resíduos sólidos), e visitas a 13 estabelecimentos (escolhidos de forma aleatória) distribuídos na faixa de praia da Barra do Ceará, Pirambu, Praia de Iracema, Meireles e Praia do Futuro. As visitas ocorreram no período compreendido entre fevereiro e março de 2014 e, em cada barraca de praia, o questionário foi direcionado ao gerente ou proprietário do estabelecimento.

O município de Fortaleza possui um litoral de aproximadamente 34Km com 13 praias: Barra do Ceará, Goiabeiras, Arpoador, Pirambu, Jacarecanga, Iracema, Meireles, Mucuripe, Titãzinho, Futuro, Caça e Pesca, Sabiaguaba e Abreulândia. Essa riqueza natural é um forte atrativo turístico, de modo que Fortaleza é um dos destinos mais procurados do Brasil, além de ser a porta de entrada para todo o litoral do Ceará.

Observamos que todos os estabelecimentos geravam coco e óleo vegetal; 92% geravam plástico, 85% restos de alimentos, 77% vidro, 62% material de banheiro, 38% papel, 15% geravam tanto alumínio quanto papelão. Pelo tipo de serviço oferecido, ficava evidente a grande presença de recicláveis e sobras de alimentos.

Sobre a coleta seletiva, observamos que 69% dos estabelecimentos realizavam algum tipo de separação. Alguns estabelecimentos afirmavam separar apenas o óleo vegetal resultante de suas atividades e que doavam a uma empresa especializada na produção de sabões.

Observamos que 84% dos locais visitados produziam até 100 Kg de resíduos por dia (ou 500 L/dia) e 16% se aproximavam dos 200 Kg/dia (1000 L/dia). Em resumo, todos os estabelecimentos, pela lei municipal, enquadravam-se como grandes geradores, devendo custear os serviços de acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos gerados. Também observamos que as barracas de praia que mais produziam resíduos estavam localizadas na Praia do Futuro, por conta da intensa atividade turística.

Sobre o acondicionamento, 50% dos locais visitados utilizavam tambores, 44% acondicionavam em sacos plásticos e 6% em contêineres. Para os entrevistados, os tambores traziam praticidade e durabilidade e os sacos plásticos traziam praticidade e baixo custo.

Sobre o armazenamento, 85% dos estabelecimentos armazenavam seus resíduos em abrigo externo (lixeira) enquanto 15% não possuíam um local adequado, colocando-os diretamente no chão, servindo de alimento ou abrigo para pequenos animais e vetores de doenças. Algumas barracas, inclusive, demonstravam condições bastante precárias até mesmo em sua estrutura, com riscos para funcionários e clientes.

No que diz respeito às condições dos abrigos (lixeiros), observamos em 69% deles a presença de resíduos sólidos diretamente sobre o piso e nos demais (31%), o resíduo ficava em contato com a areia da praia. Observamos ainda que 46% dos abrigos não tinham cobertura, deixando o resíduo sob sol e chuva, e 54% do total não tinham acesso restrito, sendo comum a presença de catadores.

Sobre a coleta externa, 69% das barracas de praia colocavam seus resíduos para coleta pública e apenas 31%,

corretamente, tinham contratos com empresas devidamente licenciadas (que também estavam situadas na Praia do Futuro). Além disso, apenas 38% dos entrevistados sabiam o destino final dos resíduos após coleta: aterro sanitário.

Por fim, na pesquisa, buscamos saber quantos estabelecimentos tinham Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) e Licença Ambiental (LA): coincidentemente apenas 23% afirmavam ter o PGRS e LA²¹.

Na época, os resultados obtidos na pesquisa possibilitaram concluir: os resíduos mais produzidos pelas barracas de praia tinham valor agregado para compostagem, reutilização e reciclagem, mas estavam sendo enviados para aterro sanitário; era grande a falta de conhecimento dos entrevistados sobre o destino final

dos resíduos gerados em suas próprias atividades; a coleta seletiva, praticada na maioria dos estabelecimentos não gerava nenhum benefício social, econômico e ambiental porque o destino final dos materiais era o aterramento sanitário; a estrutura de armazenamento dos resíduos sólidos - observada em alguns estabelecimentos - era bastante precária e improvisada, não agregando nenhum benefício ao gerenciamento dos resíduos; as barracas de praia, como grandes geradores de resíduos, não estavam se responsabilizando pelo custeio do gerenciamento, onerando a prefeitura.

Como recomendação, na pesquisa foi mencionada a importância de se ampliar o estudo para as demais barracas de praia instaladas no litoral de Fortaleza e sugerido promover uma capacitação sobre gerenciamento de resíduos.



21. Conforme o Artigo 24 da Lei nº12.305/2010, o plano de gerenciamento de resíduos sólidos é parte integrante do processo de licenciamento ambiental do empreendimento ou atividade pelo órgão competente do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA (BRASIL, 2010).

7

As pesquisas de 2015

Em 2015, as pesquisas trataram das organizações coletivas de catadores, dos resíduos gerados em consultórios e clínicas veterinárias, e dos efluentes da incineração.

Na pesquisa sobre catadores, descrevemos a realidade vivenciada por 07 organizações coletivas de Fortaleza, que, na época, contava com 20 grupos, associações e/ou cooperativas de catadores.

A primeira etapa da pesquisa envolveu a busca e leitura de arquivos virtuais e impressos sobre o tema principal: catadores de materiais reutilizáveis/recicláveis e organizações coletivas. Essa fase teve como principal objetivo aumentar a compreensão sobre o assunto e o material consultado (artigos, monografias, dissertações, teses, leis, decretos, normas, manuais) permitiu construir um breve retrato da história dos catadores, discorrer sobre a múltipla importância do segmento para a sociedade e meio ambiente, e sobre suas condições de vida, trabalho e saúde.

A segunda etapa envolveu a aquisição da lista completa e atualizada das associações e cooperativas de catadores de Fortaleza-CE com os seus respectivos endereços e contatos.

A terceira etapa envolveu a realização de visitas técnicas aos locais escolhidos para aplicação de um questionário e realização de registro fotográfico. A aplicação desses questionários foi realizada com o responsável por cada associação/cooperativa e também foram colhidos depoimentos dos demais integrantes, aleatoriamente.

Além das visitas realizamos alguns contatos telefônicos para confirmação de informações que não foram precisas no momento da visita.

O questionário tinha o intuito de re-conhecer) a situação das organizações de catadores, caracterizando, principalmente, os aspectos gerais, de trabalho e de renda. Ao todo, foram visitados sete bairros, sendo eles, Jacarecanga, Passaré, Vila União, Serrinha, Farias Brito, Vila Peri e João XXIII.

As organizações coletivas visitadas estavam ligadas à Rede dos Catadores de Resíduos Sólidos Recicláveis do Estado do Ceará, eram cadastradas no site da Prefeitura de Fortaleza e possuíam Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) ativo, a saber: ASCAJAN, Associação Maravilha, SOCRELP, Associação Viva a Vida, Associação Rosa Virgínia, ACORES e COOPMARES.

A realidade encontrada nos locais visitados, em geral, era bem parecida: ambiente insalubre; trabalho desprotegido; desorganização produtiva; e baixa renda e subordinação comercial em relação aos compradores de materiais reutilizáveis e recicláveis (pequenos empresários, donos de depósitos, sucatas).

Em todos os locais visitados os catadores trabalhavam, em média, 40 horas semanais e, em nenhum deles, a renda alcançava 01 salário mínimo.

Observamos que, nem sempre, havia uma relação direta entre a quantidade de material movimentada (Kg) e a arrecadação bruta mensal (R\$), já que cada organização adotava preços diferentes na venda dos seus materiais (exemplo: a Associação Rosa Virgínia movimentava 43.740 Kg de materiais por mês e arrecadava aproximadamente R\$ 19.275,00/mês, enquanto a ASCAJAN movimentava 74.500 Kg/mês e arrecadava R\$ 18.422,80/mês.

As organizações visitadas contavam com 160 catadores. Na Associação Viva a Vida, observamos a menor quantidade de membros (04) e, na ASCAJAN, a maior (70).

Com relação ao gênero, dos 160 membros, 79 eram mulheres (49,37%) e 81 eram homens (50,63%).

O trabalho desenvolvido em todos os locais visitados movimentava 214.867 Kg de materiais por mês, trazendo os seguintes benefícios: diminuição da exploração de recursos naturais, do desperdício de matérias-primas, do consumo de energia, da poluição do solo, da água e do ar e dos gastos com limpeza urbana; prolongamento da vida útil dos aterros sanitários da Região Metropolitana de Fortaleza.

As organizações trabalhavam, em média, com 10 tipos de materiais, em que era majoritária a quantidade de papelão (63.252 Kg/mês) e minoritária a quantidade de alumínio (3.210 Kg/mês), sendo que o alumínio era o material com maior valor agregado (em média R\$ 2,60/Kg) e o material mais desvalorizado era o vidro (R\$ 0,08/Kg). Os fatores que mais influenciavam no preço de venda eram a qualidade do material e se havia (ou não) algum beneficiamento (trituração, prensagem) ou indústria local interessada. Teoricamente, quanto maior a quantidade de material maior o poder de negociação, mas, em muitos casos, verificamos que o comprador era quem determinava o valor a ser pago.

Entre as organizações visitadas, 03 (Associação Maravilha, Viva a Vida e ACORES) não possuíam máquinas e/ou equipamentos para beneficiar os materiais, sendo que uma análise mais criteriosa sobre as organizações que possuíam permitia perceber que todas as máquinas e equipamentos estavam em péssimas condições de funcionamento. Mesmo assim, conseguiam vender os materiais com maior valor agregado.

As visitas às organizações mostravam também que a estrutura física dos locais e os carrinhos de coleta encontravam-se danificados. Muitas vezes, atividades como beneficiamento ou a coleta de materiais não eram realizadas por

falta de manutenção e/ou conserto em equipamentos.

No período chuvoso a situação das organizações coletivas piorava, pois avarias em paredes, pisos e telhados favoreciam infiltrações e alagamentos, estragando uma parte dos materiais e, consequentemente, trazendo prejuízos financeiros.

Entre as organizações visitadas, 4 trabalhavam com o óleo vegetal, sendo que 3 realizavam o beneficiamento desse resíduo e conseguiam rendimento extra (SOCRELP, COOPMARES e Rosa Virgínia) porque comercializavam o material direto com a Petrobrás.

Os recursos provenientes da venda dos materiais recicláveis em 4 associações (ASCAJAN, Associação Maravilha, Viva a Vida e ACORES) eram aplicados na quitação das despesas mensais e o restante era dividido, em partes iguais, com os membros da organização, não possuindo um fundo de reserva. Já na COOPMARES, SOCRELP e Associação Rosa Virgínia o pagamento dos catadores era com valor fixo e o restante do rendimento era aplicado como capital de giro. No final do ano, algum valor residual era dividido entre os associados como se fosse um 13º salário.

Os principais compradores dos materiais eram chamados de “atravessadores” (pequenos empresários, donos de depósitos, sucateiros) e a relação entre as partes era interpretada pelos catadores como boa e confiável, já que o pagamento ocorria na data prevista e sem burocracia.

Todos os locais visitados recebiam os materiais através de doações deixadas diretamente no galpão, mas a ASCAJAN, a COOPMARES, a SOCRELP e a Associação Rosa Virgínia possuíam caminhões de coleta (o que aumentava significativamente a quantidade de recicláveis movimentada por mês). A ACORES realizava coleta no carro particular da presidente da associação. A Associação Maravilha e a Associação Viva a Vida realizava a coleta nas ruas com carrocinhas. A SOCRELP e a Rosa Virgínia eram as únicas que compravam materiais de catadores autônomos.

As organizações possuíam parcerias com alguns colaboradores e/ou doadores de materiais: a ASCAJAN possuía com o Banco do Brasil, Coca-Cola, Funasa, Chesf, condomínios residenciais, hotéis e restaurantes; a Associação Maravilha possuía com a Rede de Catadores, Prefeitura de Fortaleza, Igreja de Fátima, Unidade do Ministério da Agricultura; a SOCRELP possuía com algumas Secretarias do Estado do Ceará, Caixa Econômica Federal, Banco do Brasil, Petrobrás, Viação Guanabara e Embratel; a Associação Viva a Vida possuía com a Rede de Catadores e Paróquia Nossa Senhora das Dores; a ACORES possuía com a Coca-Cola, Rede de Catadores, padarias, restaurantes e outras empresas; a Associação Rosa Virgínia possuía com a Congregação Bom Pastor, Cáritas Arquidiocesana de Fortaleza, Banco do Nordeste, Congregação dos Jesuítas, Fórum Lixo e Cidadania; a COOPMARES possuía com a SEUMA, ECOFOR, padarias, condomínios, hotéis e Petrobrás. Tais parcerias, muitas vezes, foram concretizadas em função do trabalho voluntário de alguns funcionários desses locais e/ou esforço dos líderes das organizações coletivas.

Apenas 03 organizações (ASCAJAN, Associação Maravilha e COOPMARES) recebiam algum tipo de auxílio ou incentivo da Prefeitura Municipal, como por exemplo, a quitação de despesas com água, luz, aluguel do galpão, manutenção de equipamentos, caminhão e motorista.

Para alguns entrevistados, trabalhar na associação ou cooperativa resultava no fortalecimento da categoria e na ampliação das chances de participação dos catadores em projetos relativos à capacitação, aquisição de equipamentos etc. Em nenhuma das organizações visitadas os catadores utilizavam Equipamentos de Proteção Individual (EPI). Alguns locais visitados organizavam o trabalho em grupos e por atividade: alguns catadores participavam da atividade de coleta, outros da triagem, prensagem de material, filtragem de óleo vegetal e diretoria.

A pesquisa possibilitou concluir que as condições de funcionamento das

organizações coletivas de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis do município de Fortaleza não eram boas; resistiam sem apoio, sem incentivos financeiros e sem capacitação para o trabalho. Concluímos também que a coleta seletiva com inclusão dos catadores, da forma abordada na legislação, estava muito distante da realidade observada no município.

A pesquisa sobre os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) gerados em consultórios e clínicas veterinárias de Fortaleza objetivou diagnosticar as formas de manejo (acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e destino final) adotadas em 25 estabelecimentos encontrados em 10 bairros de Fortaleza: Centro; Monte Castelo; Aldeota; Benfica; Ellery; Parquelândia; Farias Brito; Fátima; Meireles; e Pici.

O mercado pet (que envolve alimentos, medicamentos, treinamento, brinquedos, acessórios, banho, tosa, consulta, exame, vacinação, tratamento, internação, cirurgia, sepultamento) resulta na geração crescente de RSS e, na mesma medida, deveria cumprir procedimentos corretos de gerenciamento dos seus resíduos.

Após revisão de literatura, foi elaborado e aplicado um questionário com o representante legal de cada estabelecimento e também foram colhidos alguns depoimentos de funcionários, aleatoriamente.

Nos estabelecimentos estudados eram gerados resíduos do Grupo A (biológico), B (químico), D (comum) e E (perfurocortante), não havendo geração de resíduos do grupo C (rejeitos radioativos).

Os resíduos do Grupo A são aqueles com possível presença de agentes biológicos e que, por suas características de maior virulência ou concentração podem apresentar risco de infecção. Entre os estabelecimentos, 84% geravam vacina (líquido, frasco), 80% geravam seringa, 68% algodão com sangue, 56% gazes com sangue, 44% recipientes contendo fezes, urina e secreções, 40% bolsa de sangue vencida ou sobra, 28% resíduos de cirurgia e vísceras, 20% peças anatômicas como órgãos e tecidos e 16% geravam animais mortos e fetos.

Os resíduos do Grupo B são aqueles que contêm substâncias químicas capazes de apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Entre os estabelecimentos, 96% geravam insumos farmacêuticos e medicamentos, 92% embalagens de saneantes, desinfetantes, 56% reagentes para laboratório, 12% efluentes dos equipamentos de análises clínicas e 4% geravam efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores).

Os resíduos do Grupo D são aqueles que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares. Todos os estabelecimentos geravam papel de uso sanitário, 96% geravam resíduos provenientes das áreas administrativas, 92% resíduos de varrição, flores, podas e jardins, 88% absorventes higiênicos, 84% sobras de alimentos e do preparo de alimentos, 72% material utilizado em antissepsia, 68% equipo de soro e outros similares e 32% resíduos de gesso provenientes de assistência à saúde. Considerando o baixo risco desse grupo de resíduos, alguns estabelecimentos, acertadamente, realizavam a coleta seletiva.

Os resíduos do Grupo E são materiais perfurocortantes ou escarificantes. Entre os estabelecimentos, 84% geravam agulhas, 80% escalpes, 76% ampolas de vidro, 68% lâminas de barbear, 56% lâminas de bisturi, 44% lâminas e laminulas, 32% tubos capilares, 28% micropipetas, 24% utensílios de vidro quebrados no laboratório e 16% geravam broca, lima e lanceta.

Sobre o acondicionamento, observamos que 60% dos estabelecimentos adotavam corretamente saco branco leitoso para acondicionar parte dos resíduos do Grupo A, 28% usavam saco comum e de qualquer cor, contrariando a norma, e 12% não sabiam responder.

Com relação ao acondicionamento dos resíduos do Grupo B, observamos que 44% dos estabelecimentos utilizavam recipientes e/ou sacos adequados, 36% acondicionavam erroneamente em

saco comum (preto, branco e azul), 16% mantinham o resíduo dentro da própria embalagem do produto e 4% utilizavam frascos com tampa rosqueada e vedante.

Os resíduos do Grupo D eram, em 64% dos estabelecimentos, acondicionados corretamente em saco comum, 20% utilizavam saco branco leitoso desnecessariamente e 16% utilizavam frasco com tampa rosqueada e vedante.

Com relação ao acondicionamento dos resíduos do Grupo E, observamos que 80% dos estabelecimentos utilizavam, corretamente, recipiente rígido (tipo descarpac), 12% não sabiam informar, 4% mantinham o resíduo dentro da própria embalagem do produto e 4% utilizavam saco branco leitoso.

Nos casos em que o acondicionamento encontrava-se inadequado várias situações eram possíveis, especialmente a ruptura de embalagens, o derramamento dos resíduos e acidentes de trabalho. Além disso, o acondicionamento inadequado comprometia as demais etapas de gerenciamento dos resíduos.

Pela resolução pertinente, a etapa posterior à de acondicionamento é a de identificação dos resíduos. Essa etapa consiste no conjunto de medidas que permite o reconhecimento dos resíduos contidos nos sacos e recipientes, fornecendo informações necessárias ao correto manejo. Na época, observamos que 80% dos estabelecimentos adotavam medidas e estratégias (símbolos, frases, números) para identificação dos resíduos do Grupo E, 56% identificavam o Grupo A, 48% Grupo B e 40% identificavam os resíduos do Grupo D. Cabe lembrar que a ausência de identificação (ou a identificação inadequada) prejudicava o manejo dos resíduos e podia facilitar acidentes com trabalhadores, além de elevar custos de tratamento.

Após a etapa de identificação, pela norma, os resíduos devem sofrer transporte interno, que consiste no seu traslado dos pontos de geração até o local destinado ao armazenamento temporário ou armazenamento externo com a finalidade de apresentação para a coleta.

Na pesquisa encontramos diferentes cenários para cada grupo de resíduo, pois em alguns estabelecimentos a coleta interna era realizada sempre pela mesma pessoa (57%), enquanto em outros era realizada por qualquer pessoa (43%). No primeiro caso, era possível considerar que o risco de adoecimento de outros colaboradores e clientes estava sob controle desde que o funcionário tivesse recebido orientação adequada para o serviço de coleta. Caso contrário, o estabelecimento estava, rotineiramente, pondo em risco a saúde do(a) colaborador(a). No segundo caso, era possível considerar um cenário de ampliação de riscos, pois várias pessoas estavam tendo acesso aos resíduos. Ainda era possível outra reflexão: alguns estabelecimentos utilizavam apenas sacos plásticos no transporte interno dos resíduos e isso possibilitaria que trabalhadores ou clientes entrassem em contato com esses resíduos, já que o correto seria transportá-los em recipiente de material rígido.

A etapa posterior à de transporte interno dos resíduos é a de tratamento, que consiste na aplicação de método, técnica ou processo que modifique as características dos riscos inerentes aos resíduos, reduzindo ou eliminando o risco de contaminação, de acidentes ocupacionais ou de danos ao meio ambiente.

Na época, observamos que 88% dos estabelecimentos adotavam alguma medida de tratamento dos seus resíduos enquanto 12% não aplicavam método, técnica ou processo. Onde há tratamento interno, a norma atribui ao praticante a responsabilidade sobre a garantia da eficácia dos equipamentos utilizados.

Sobre o armazenamento, observamos que 56% dos estabelecimentos possuíam abrigo de resíduos (popular lixeira), 36% não possuíam e 8% não sabiam informar. A ausência de abrigo, além dos riscos para a saúde pública, sujeitava os estabelecimentos a multa.

Sobre as condições dos abrigos de resíduos, do total dos 25, 14 atendiam, em parte, as diretrizes municipais²², já que apresentavam piso impermeável,

ponto de água e acesso restrito. Quanto ao porte, 8 estavam subdimensionados e 6 superdimensionados. Também foram encontrados resíduos acondicionados em sacos plásticos diretamente no chão, o que não é permitido.

Após a etapa de armazenamento, os resíduos devem sofrer coleta externa. Na pesquisa realizada foram encontrados cenários diferentes para cada grupo de resíduo, sendo majoritária (64% dos estabelecimentos) a contratação de empresas licenciadas e especializadas para coleta dos resíduos dos grupos perigosos (A, B e E), portanto, atendendo as exigências legais. Os demais estabelecimentos estavam dispondo seus resíduos para coleta pública, o que não é permitido pelas características do resíduo (Classe I – Perigoso).

A título de informação, a lei municipal que disciplinava o assunto previa que destinar resíduos perigosos sem tratamento prévio ou mesmo colocá-los para a coleta pública implicaria em multa de até R\$ 17.187,50. Além disso, cabe destacar que os resíduos coletados pelo sistema público vão direto para o aterramento sanitário, que não é adequado para resíduos de serviço de saúde.

Outro ponto a destacar é que 84% dos geradores de resíduos do Grupo D (resíduos equiparados aos domiciliares) estavam usufruindo da coleta pública, sendo que esse serviço só é permitido, pela legislação municipal, se o estabelecimento for enquadrado como pequeno gerador, ou seja, se produzir até 100 Litros/dia de resíduos.

Na época, com a pesquisa buscamos saber quantos estabelecimentos tinham Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Sólidos (PGRSS) e Licença Ambiental (LA): 68% dos consultórios e clínicas veterinárias afirmavam possuir o PGRSS, mas ninguém mostrou o documento.

Pela lei municipal, os geradores de resíduos perigosos - independente do volume - eram obrigados a elaborar, submeter à análise e aprovação do órgão competente, implementar e operacionalizar

22. A Instrução Normativa SEUMA 03/2020 dispõe sobre as diretrizes para orientar e padronizar o abrigo de resíduos no município de Fortaleza, referentes ao armazenamento de resíduos sólidos de estabelecimentos enquadrados como grandes geradores.

um PGRSS. Além disso, deviam manter cópia do PGRSS disponível para consulta sob solicitação da autoridade sanitária ou ambiental competente, dos funcionários e do público em geral. A multa para atividades sem PGRSS era de até R\$ 2.062,50, além de outras sanções.

Na condição de geradores de RSS, os consultórios e clínicas veterinárias precisavam receber maior atenção dos pesquisadores e órgãos de fiscalização, para alcançarem um gerenciamento de resíduos mais adequado.

Em Fortaleza, na época da pesquisa, eram praticamente inexistentes as informações sobre o tema, o que de certo modo enalteceu os resultados obtidos e ajudou a consolidar uma base de dados primários e úteis para outras pesquisas bem como para a tomada de decisão. Logicamente, o perfil geral da cidade só seria possível com a ampliação desse tipo de iniciativa.

Na época, nenhum estabelecimento visitado cumpria, por completo e corretamente, todas as etapas do manejo, mas isso não excluía a existência de boas práticas em alguns locais e em determinadas fases do gerenciamento.

Os esforços dos entrevistados concentravam-se nas etapas iniciais do sistema de gerenciamento de resíduos, especialmente na segregação e identificação; a etapa mais frágil era a de armazenamento.

O aspecto mais curioso de toda a pesquisa foi perceber que os entrevistados não tinham interesse em mostrar o PGRSS que afirmavam possuir. O esperado era que o empreendedor tivesse orgulho em provar, a quem pudesse interessar, que seu estabelecimento funcionava dentro da lei.

O desenvolvimento de ações, projetos e programas de educação ambiental direcionados a consultórios e clínicas veterinárias, além de melhor orientar os profissionais e responsáveis pelos estabelecimentos, poderia contribuir para o alcance de um sistema de gerenciamento de RSS mais adequado.

Na pesquisa sobre a incineração tivemos por objetivo caracterizar, do ponto de vista físico-químico, os efluentes provenientes da lavagem dos gases do equipamento de incineração de resíduos sólidos perigosos de Fortaleza.

O equipamento tinha tecnologia alemã, era do tipo leito fluidizado, possuía duas câmaras (900 e 1000°C), eficiência de 98% e era capaz de tratar diariamente 09 toneladas de resíduos sólidos. Seus gases, antes de serem lançados na atmosfera, sofriam lavagem ácida e alcalina sob pressão e o efluente gerado nesse processo era enviado para uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE) interna, onde ocorria tratamento físico e químico, seguido de osmose reversa e reaproveitamento da água.

Foram realizadas 06 coletas nos pontos de entrada e saída da ETE para avaliar sua eficiência; também aconteceram entrevistas com o técnico responsável pela operação da planta incineradora para entender os processos ocorridos no interior do equipamento, o manejo dos resíduos perigosos e a etapa de geração e tratamento dos efluentes.

Na época, o incinerador recebia resíduos provenientes de estabelecimentos de saúde humana e animal, públicos e particulares, desde que o serviço fosse contratado; também recebia uma pequena porção de resíduos industriais provenientes de atividades em operação dentro de Fortaleza e da Região Metropolitana.

Os resíduos, já segregados e acondicionados pelos respectivos geradores, chegavam ao incinerador através de veículos apropriados, sofriam pesagem em balança rodoviária, eram descarregados no fosso e, em seguida, incinerados.

A geração de efluentes no incinerador era resultado dos usos múltiplos da água no equipamento (lavagem ácida e alcalina dos gases tóxicos, torre de resfriamento e alimentação de uma caldeira). Informações obtidas no local apontavam que a demanda diária de água no incinerador se aproximava de 50m³, sendo essa água proveniente de um poço existente no local.

Os efluentes gerados eram encaminhados para um tanque de equalização, depois passavam por um gradeamento, uma caixa de areia, dois decantadores primários e quatro decantadores secundários. A estação possuía um volume total de 276,98m³. Ao longo do processo, era utilizado como coagulante o policloreto de alumínio e, para aumento do volume e densidade dos flocos, um floculador não-iônico. O lodo gerado pelo processo de tratamento era removido e levado ao leito de secagem, onde permanecia por 15 dias. Posteriormente, era conduzido para uma etapa denominada “blendagem”, na qual era misturado a resíduos líquidos industriais, em seguida, levado à incineração.

A caracterização dos efluentes contemplou o pH, condutividade elétrica, cor verdadeira, turbidez, sólidos suspensos totais, acidez, alcalinidade total, cloreto, dureza total e Demanda Química de Oxigênio - DQO

Para as determinações DQO e cor verdadeira, todas as amostras do ponto de entrada da ETE passaram pelo processo de filtração com membrana de fibra de vidro com porosidade de 0,47mm. Membranas de mesma natureza foram utilizadas para análises gravimétricas dos sólidos suspensos totais. Para as determinações de cloreto e dureza total, todas as amostras dos pontos de entrada e saída foram diluídas dez vezes, sendo o valor da concentração final das análises multiplicado pelo respectivo fator de diluição.

Dentre os 10 parâmetros analisados, 5 apresentaram redução em suas concentrações após o tratamento em todas as campanhas (sólidos suspensos totais, turbidez, cor verdadeira, DQO e alcalinidade total). Foi possível observar que os valores máximos de remoção alcançaram 90% para os sólidos suspensos totais (5ª coleta), 81% para a cor verdadeira (4ª coleta), 92% para turbidez (2ª e 3ª coletas), 56% para DQO (4ª coleta) e 68% para alcalinidade total (6ª coleta). Além desses parâmetros, a dureza total também apresentou redução em suas concentrações em 5 das 6 campanhas (o valor máximo de remoção foi 53% na 6ª coleta).

Não obstante, 2 parâmetros (cloreto e a condutividade elétrica) apresentaram aumento em suas concentrações após o tratamento nas cinco primeiras campanhas. Os aumentos representaram até 54% para o cloreto e até 48% para a condutividade elétrica, ambos na 6ª coleta.

Em linhas gerais, os efluentes apresentaram pH neutro (67% dos resultados) ou básico (25% dos resultados), sendo o caráter ácido observado apenas no ponto de saída da 6ª coleta (pH = 6,0). A predominância da neutralidade nos efluentes era importante para evitar a corrosão ou incrustação no interior do equipamento, podendo ser entendida também como resultado de um equilíbrio entre o número de lavagens ácidas e alcalinas dos gases praticadas, bem como da concentração adequada dos produtos utilizados.

Uma análise mais minuciosa permitiu perceber que a acidez do efluente aumentou durante o processo de tratamento, como observamos nos seguintes resultados: 1ª coleta entrou com 9 mg/L e saiu com 18 mg/L; 4ª coleta (de 5 mg/L para 14 mg/L) e 6ª coleta (de 14 mg/L para 27 mg/L). Esse aumento, possivelmente, tinha relação com o uso do coagulante policloreto de alumínio empregado no tratamento dos efluentes. A desinfecção com o cloro também contribuiu para o rebaixamento dos valores de pH e, conseqüente, aumento da acidez. Foi visível a relação entre o pH e a acidez do efluente estudado, pois nos pontos de entrada da 2ª, 3ª e 5ª coletas não constavam acidez e os valores do pH estavam iguais a 9.

A alcalinidade total diminuiu de concentração entre a entrada e a saída do sistema em todas as coletas realizadas, mantendo forte relação com o comportamento do pH. Considerando o caráter predominantemente alcalino dos efluentes, inferimos que a alcalinidade total teve como agentes causadores os íons bicarbonatos para os valores de pH iguais a 7 e carbonatos e bicarbonatos para os valores de pH iguais a 9.

Os teores de alcalinidade variaram entre um mínimo de 35 mg/L (saída da ETE)

e máximo de 205 mg/L (entrada da ETE). Parte desse teor vinha da constituição natural da água do poço utilizado (média de 67 mg/L); outra parte tinha origem no processo de lavagem dos gases tóxicos, que possuíam elevadas concentrações de gás carbônico, oriundos da combustão dos resíduos.

A dureza da água corresponde à concentração de cátions multimetálicos em solução. A presença elevada de cálcio e magnésio, nas amostras estudadas, tinha possível relação com o despejo, na ETE, do rejeito líquido do processo de osmose reversa utilizado na melhoria da qualidade da água que alimentava a caldeira, e/ou relação com o arraste desses íons durante o processo de lavagem e resfriamento das cinzas, que tinham composição química atrelada ao tipo de resíduo incinerado (no caso, industrial e hospitalar). Embora de forma pouco significativa, os valores relativos à dureza total também diminuíram de concentração, entre a entrada e a saída do sistema, em todas as campanhas realizadas.

A concentração do cloreto, entre entrada e saída da ETE, teve leve aumento nas cinco primeiras campanhas, havendo uma diminuição significativa na sexta coleta. Provavelmente, a captura dos gases ácidos (sobretudo ácido clorídrico) pela água de lavagem, bem como a cloração pós-tratamento dos efluentes contribuíram para o aumento da concentração desse íon nas amostras, que variou de 578,0 mg/L a 2438,0 mg/L.

No que se refere à condutividade elétrica, observamos que os valores variaram entre 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 10.120 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esse parâmetro, em todas as amostras de entrada e saída da ETE, manteve relação diretamente proporcional com a concentração do cloreto, de modo que, também na sexta coleta, sua concentração sofreu uma diminuição acentuada, ocorrendo sutis aumentos nas cinco primeiras campanhas.

A DQO, entre a entrada e saída da ETE, sofreu redução em suas concentrações em todas as campanhas, sendo

que os maiores percentuais de redução ocorreram na primeira coleta (45%) e na quarta (56%). Os valores de DQO oscilaram entre 370 mg/L (mínimo) e 3004 mg/L (máximo).

A redução da cor verdadeira se fez presente em todas as coletas realizadas, ao se comparar as amostras de entrada e saída da ETE. Os valores desse parâmetro variaram entre 2 mg/L e 208 mg/L. As maiores remoções ocorreram na segunda coleta (79%) e na quarta (81%).

Na pesquisa, percebemos que a turbidez e os sólidos suspensos estavam intimamente ligados, e suas origens advinham sobretudo das cinzas geradas pela combustão dos resíduos, uma vez que estas eram resfriadas e lavadas por este efluente. Em todas as campanhas realizadas, turbidez e sólidos suspensos apresentaram diminuição significativa de suas concentrações, comparando-se as amostras de entrada e saída da estação de tratamento. O valor máximo de remoção para os sólidos suspensos totais ocorreu na quinta coleta (90%); para a turbidez, a remoção máxima foi de 92%, na segunda e terceira coletas.

Com base nos resultados obtidos, dos cinco parâmetros com redução em todas as campanhas, inferimos que a turbidez e os sólidos suspensos totais tiveram os maiores percentuais de remoção, configurando-se como os melhores indicadores do processo de remoção promovido pela ETE.

Como na época da pesquisa não existia um instrumento legal que estabelecesse diretrizes especificamente para efluentes líquidos de incineradores, alguns resultados foram comparados aos padrões estabelecidos para efluentes industriais de uma portaria da SEMACE, quando verificamos que o pH estava dentro do intervalo bem como os sólidos suspensos totais (em 4 coletas). As concentrações de amônia, chumbo e níquel (analisados apenas uma vez) ficaram abaixo do limite máximo da portaria. Já o ferro (amostra única) apresentou concentração três vezes superior ao estabelecido na portaria estadual.

Essa foi a primeira pesquisa sobre a qualidade dos efluentes gerados na lavagem dos gases da incineração de resíduos perigosos em Fortaleza, e seus dados primários serviram de base para outras pesquisas.

Em linhas gerais, os efluentes estudados tinham forte carga físico-química, mas seu uso cíclico (incinerador - ETE - incinerador) mantinha sob controle seus riscos de poluição ou contaminação ambiental. Além disso, a maior parte dos parâmetros analisados tinha sua concentração na saída da ETE,

comprovando a eficiência no processo de tratamento.

A pesquisa favoreceu também entender melhor sobre o funcionamento do incinerador e seus processos de controle ambiental, principalmente porque o equipamento estava instalado em uma área urbana com elevada densidade populacional no seu entorno.

Na época, ficou como sugestão ampliar a amostragem e caracterização dos referidos efluentes, comparar os resultados entre estações (seca e chuvosa) e avaliar outras possibilidades de reúso.



- 23.** Na época, a Resolução do CONAMA 307/2002 enquadrava como Classe A (são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados), Classe B (são os resíduos recicláveis), Classe C (são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis), Classe D (são os resíduos perigosos).

8

As pesquisas **de 2016**

Em 2016, as pesquisas trataram dos resíduos da construção civil, fertilidade dos solos de cobertura do aterro sanitário e do seu processo de revegetação.

Na pesquisa sobre os resíduos da construção civil, tivemos por objetivo caracterizar o processo de beneficiamento dos materiais desenvolvido pela Usina de Reciclagem de Resíduos Sólidos e Inertes (USIFORT), em operação há mais de duas décadas no município de Fortaleza.

A coleta de dados foi realizada por meio de 09 visitas à Usina, quando tivemos a oportunidade de observar o funcionamento da empresa, entrevistar os responsáveis técnicos sobre o processo de beneficiamento dos resíduos e sobre os materiais comercializados e produzidos. Foi possível também coletar dados sobre os quantitativos de resíduos recebidos e processados na Usina.

Na época da pesquisa, a USIFORT estava localizada no Km 6 da Rodovia BR 116, bairro Cajazeiras, Fortaleza. As atividades no local foram iniciadas em 1997, ou seja, bem antes da publicação dos mais importantes instrumentos legais que versavam sobre o gerenciamento dos resíduos da construção civil.

O empreendimento ocupava uma área de aproximadamente 20 mil m², sendo pioneiro no Nordeste e um dos primeiros a funcionar no Brasil.

Na época, a capacidade de produção de agregados reciclados era de 60 mil toneladas por mês, entretanto, um dos engenheiros responsáveis pela Usina afirmava que essa capacidade poderia ser ampliada caso a entrada de resíduos e a demanda por agregados, por parte das

construtoras, também aumentassem.

Ao chegarem à Usina, os resíduos da construção civil eram despejados em um grande pátio, onde com escavadeiras, pás carregadeiras e caminhões basculantes eram organizados e estocados conforme a tipologia dos materiais.

O setor de processamento correspondia à área onde estavam localizados as máquinas e os equipamentos - alimentadores vibratórios, britadores, peneiras, correias transportadoras - que processavam e transformavam o entulho em agregado reciclado. Para obter materiais de diferentes granulometrias (brita nº1, pedrisco, pó de pedra), a Usina também contava com um britador de mandíbula móvel e um moinho.

Na construção civil, os resíduos são classificados em 4 grupos²³: A, B, C e D. Na usina, eram recebidos apenas resíduos do grupo A, ou seja, antes de serem enviados para a usina, os resíduos deveriam passar pelo processo de segregação na fonte geradora. Observamos que a presença de materiais de outros grupos comprometia o processo de reciclagem, resultando na produção de agregados reciclados de baixa qualidade, além de um volume crescente de rejeitos.

Na portaria da empresa, os resíduos passavam por inspeção e uma via do Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) era retida. Em seguida, funcionários da usina orientavam os motoristas sobre o local adequado para despejar os resíduos. Em linhas gerais, predominavam resíduos com brita, areia, tijolos, telhas, restos de asfalto. As peças de concreto, pela grande resistência, tamanho e presença de ferro ou aço em seu interior,

passavam pelo rompedor hidráulico e pela tesoura antes de serem enviados aos britadores. Cabos de aço e ferros, quando possível, eram desamassados e posteriormente acondicionados para venda. Caso contrário, eram acondicionados diretamente em um container e encaminhados à siderúrgica Gerdau.

O resíduo de construção e demolição, após passagem no 1º britador, resultava em dois tipos de agregados reciclados: blocos de concreto e solo-brita. Os blocos eram enviados para o 2º britador, resultando em Brita Graduada Simples (BGS) e pedra-rachão. Uma parte da pedra-rachão era diretamente vendida e outra parte seguia para o 3º britador, alcançando novas granulometrias: brita 1; brita 0 (pedrisco); e o pó de pedra.

No local estudado, a locomoção dos veículos, o descarregamento dos resíduos, o peneiramento, o processo de britagem e o carregamento de caminhões com agregados provocavam a suspensão de muito material particulado (poeira) e, para controlar esse problema, na usina realizava-se a aspersão de água.

No que diz respeito à emissão de ruídos, observamos que técnicos da empresa realizavam vistoria periódica nos equipamentos e que os funcionários utilizavam protetores auriculares. Uma cerca viva composta por arbustos e árvores ao longo de todo o perímetro da Usina ajudava a minimizar ruídos e poeira para a vizinhança.

Na época, os materiais produzidos na Usina eram comercializados com construtoras e órgãos públicos responsáveis por obras de infraestrutura, que adquiriam os materiais para aplicar principalmente em aterros, camada de base e sub-base de vias de pavimentação e fabricação de concreto sem função estrutural. Alguns depósitos do bairro também compravam materiais da Usina, já que o preço era inferior, em até 20% ao material virgem.

A Usina recebeu entre 2007 e 2016 um montante de 859.752 toneladas de resíduos da construção e demolição. Parte significativa (70%) foi recebida

entre 2010 e 2014, quando ela recebeu resíduos de algumas obras de infraestrutura realizadas na cidade (Programa de Transporte Urbano de Fortaleza - Transfor e das obras de mobilidade da copa do mundo no Brasil), além dos resíduos da construção do Shopping Rio Mar Kenedy.

Na época, uma das maiores dificuldades enfrentadas pela Usifor era a falta de políticas públicas e de interesse do governo e das construtoras em adquirir os agregados reciclados produzidos na unidade. Entre 2007 e 2016, a Usina vendeu 547.887 toneladas de agregados, ou seja, 64% do acumulado. Houve um pico de vendas em 2009 (149.334 toneladas) em função da grande demanda de material para as obras de requalificação das avenidas Bezerra de Menezes, Jovita Feitosa, Humberto Monte e Antônio Sales.

Na época, a Usifort também fabricava tijolos, manilhas, bocas de lobo, estacas e tampas de poço de visita com os agregados que produzia. Pelo baixo volume de vendas, a empresa decidiu parar a fabricação.

Diante dos resultados obtidos, pudemos concluir que a Usifort detinha um processo de beneficiamento de resíduos da construção civil altamente estruturado, com capacidade para processar grandes quantidades de materiais, mas a falta de um mercado consumidor impactava negativamente e diretamente o funcionamento da atividade, aumentando o estoque, diminuindo as áreas livres, ocasionando períodos de paralisação dos serviços, já que as entradas de materiais eram maiores que as saídas. Se todo alvará de construção emitido pela prefeitura obrigasse o interessado a usar um percentual de materiais reciclados/agregados na obra, a balança comercial da empresa ficaria mais equilibrada e a cidade experimental, em grande escala, o reaproveitamento de resíduos da construção e demolição.

A pesquisa sobre a fertilidade do solo foi realizada com amostras da camada de cobertura de uma célula de resíduos sólidos do aterro sanitário de Caucaia encerrada há 20 anos (na época da pesquisa).

Foram escolhidos quatro pontos de

amostragem do solo de cobertura e extraídas amostras simples de 500g em duas profundidades: de 0 a 20 cm; e de 20 a 40 cm, durante duas campanhas amostrais, resultando em 16 amostras.

As amostras foram analisadas sob os seguintes parâmetros: pH em água; Acidez potencial ($H^+ + Al$); Alumínio (Al); Percentagem de Saturação com Alumínio (m%); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Sódio (Na); Porcentagem de Sódio Trocável (PST); Potássio (K); Soma de Base (SB); Saturação por Base (V%); Capacidade de Troca Cátions (CTC); Matéria Orgânica (MO); Carbono (C); Fósforo (P); Condutividade Elétrica (CE); e micronutrientes: Cobre (Cu); Manganês (Mn); Zinco (Zn) e Ferro (Fe).

O pH do solo variava entre 6,20 (acidez baixa) e 7,65 (alcalinidade média), demonstrando para tal parâmetro condição favorável ao desenvolvimento de cobertura vegetal. Os valores mais elevados do pH foram atribuídos ao efeito alcalino do chorume gerado durante a decomposição dos resíduos sólidos. Observamos ainda que não houve grande variação do pH do solo com a profundidade de coleta.

As amostras analisadas apresentavam baixa acidez potencial, com exceção ao Ponto 3, que apresentava alcalinidade média. A baixa acidez poderia ter várias origens, como: poucos grupos ácidos presentes na matéria orgânica; baixo teor de Alumínio; e não acidificação via mineralização da matéria orgânica, o que favorecia o desenvolvimento das espécies vegetais, a exemplo das Leucenas e Mutambas identificadas sobre a área estudada. Observamos aumento da acidez potencial com a profundidade de coleta em todos os Pontos. Geralmente, a acidez potencial aumenta com a profundidade à medida que ocorre a redução da matéria orgânica e a influência desta no comportamento do Alumínio.

A concentração de Alumínio, por sua vez, foi detectada apenas nos Pontos 3 e 4: 0,05 e 0,18 cmolc/kg, respectivamente. Valores tão baixos mantinham relação com os resultados do pH e não afetavam negativamente os vegetais,

pois o Alumínio não estava disponível no sistema solo-planta. Observamos ainda que não houve variação significativa da concentração do Alumínio em relação à profundidade de coleta do solo.

Como o pH variou entre 6,20 e 7,65 e a concentração do Alumínio variou entre 0,05 e 0,18 cmolc/kg, a acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) do solo da célula do aterro sanitário foi enquadrada como baixa (entre 0,50 e 2,77 cmolc/kg), não limitando o crescimento das raízes nem lixiviando nutrientes livres.

Para avaliar corretamente a toxidez por Alumínio devemos calcular a Saturação por Alumínio (m%), que na pesquisa, correspondeu a no máximo 4,5% (Ponto 4), ou seja, concentração não prejudicial conforme a literatura.

Em relação à concentração dos nutrientes, o Cálcio foi o parâmetro que apresentou maior concentração (2,40 - 7,00 cmolc/kg), classificando-se como médio e alto, indicando um solo com boa qualidade agrônômica quanto a este parâmetro, podendo ser explicado pelo tipo de material utilizado na cobertura final da célula estudada. Observamos que houve diminuição da sua concentração com a profundidade nos Pontos 1, 2 e 3.

A redução do Cálcio com a profundidade podia ser consequência da lixiviação decorrente das chuvas ou de sua precipitação em formas insolúveis. Os resultados mostravam que o solo do aterro sanitário era rico em Cálcio, o que favorecia a formação de ácidos húmicos e consequentemente reduzia o teor de matéria orgânica. Isso explicava, em parte, os resultados encontrados para a matéria orgânica do solo estudado - classificada como baixa.

A concentração de Magnésio no solo da célula estudada variou de 0,11 a 1,20 cmolc/kg (médio e alto). Observamos ainda que houve diminuição da sua concentração com a profundidade. Os sítios de adsorção no solo são geralmente ocupados pelo Cálcio, por isso a concentração de Magnésio é menor.

A concentração de Sódio variou de 0,03

a 0,38 cmolc/kg, o que caracterizava o solo estudado como não sódico; algo confirmado por suas propriedades químicas tais como: pH (menor que 8,5); condutividade elétrica menor que 4 dS/m e percentagem de sódio trocável menor que 15%.

O processo de salinização do solo, fenômeno comum nas regiões semiáridas, poderá causar prejuízos aos vegetais se a acumulação excessiva de sais ocorrer em camadas do solo em contato com as raízes das plantas, o que não deve ter ocorrido na área estudada.

A Percentagem de Sódio Trocável (PST) variou de 0,49 a 7,50%, o que caracterizava o solo como não sódico. Observamos que a PST aumentou com a profundidade, o que podia refletir o processo de lavagem dos sais da camada mais superficial para a mais profunda, não chegando a ser preocupante em função das baixas concentrações observadas. Geralmente, abaixo de 15% não há risco à qualidade do solo no que se refere ao problema de salinização/sodificação.

As concentrações de Potássio variaram entre 0,14 e 0,47 cmolc/kg, ou seja, muito baixo. Os solos brasileiros são pobres em Potássio, cujo teor médio varia com o material de origem e com perdas ou ganhos sofridos.

Os baixos teores do Potássio foram atribuídos à percentagem de areia do solo (22 a 28%), bem como aos baixos teores de matéria orgânica (4,42 e 18,08 g/kg), o que implicava baixa capacidade de armazenar o elemento, que é lixiviado facilmente. Observamos ainda que houve diminuição do parâmetro com a profundidade nos Pontos 1, 2 e 4 seguindo a literatura. Geralmente, o Potássio, por ser um íon monovalente, sofre inibição ao competir com cátions bivalentes, por exemplo, o Cálcio e o Magnésio. Esta relação foi perceptível no Ponto 3.

A Soma de Bases - SB (Cálcio + Magnésio + Sódio + Potássio) variava entre 2,90 e 7,95 cmolc/kg, classificando-se como média e alta. A soma de bases indica o número de cargas negativas dos colóides que estão ocupados por bases, o que significava que havia uma boa quantidade de cátions no solo, ou

seja, o solo não era pobre em nutrientes. Observamos ainda que houve diminuição do parâmetro com a profundidade em todos os Pontos.

Os resultados da SB permitiam entender que o solo estudado apresentava condição natural de fertilidade, o que foi confirmado com o resultado da Saturação por Base, que classificava o solo como eutrófico (fértil). Esse resultado indicava condições adequadas para algumas culturas encontradas na célula estudada: leguminosas em geral; mamona; leucena; e plantas ornamentais herbáceas e arbustivas.

A Saturação por Base do solo variou entre 51,22 e 94,00%, classificando-se como média e muito alta. Observamos ainda que houve diminuição do parâmetro com a profundidade em todos os Pontos, comportamento semelhante ao descrito na literatura. A Saturação por Base é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos.

A Capacidade de Troca de Cátions (CTC) nas amostras do solo variava entre 4,85 e 8,45 cmolc/kg, classificando-se como alta e muito alta. Observamos ainda que houve diminuição do parâmetro com a profundidade em todos os Pontos, comportamento semelhante ao apresentado na literatura. A redução da CTC com a profundidade estava diretamente relacionada com o teor de matéria orgânica, que também diminuiu em todos os Pontos.

Na pesquisa, o teor de matéria orgânica variava entre 4,42 e 18,08 g/kg (baixo). Observamos ainda que houve diminuição do parâmetro com a profundidade em todos os Pontos, provavelmente devido à maior distância da zona de influência da cobertura vegetal. Esse teor indicava, indiretamente, a presença de solos arenosos.

A concentração de Carbono manteve relação direta com o teor de matéria orgânica. Na pesquisa, o teor de Carbono variou entre muito baixo (2,57 g/kg) e baixo (10,49 g/kg). Observamos que houve diminuição do parâmetro com a profundidade em todos os Pontos. A redução do Carbono com a profundidade tinha

relação com a deposição de material vegetal na camada superficial. Teores baixos de Carbono podem ter relação com a presença de materiais de difícil decomposição devido à alta relação C:N, maior teor celulose e lignina. Pode também ter relação com a fração areia que existe no solo, já que esta não protege a matéria orgânica dos agentes de decomposição.

O Fósforo é, entre os macronutrientes, o que as plantas requerem em menor quantidade. No solo estudado, a concentração do elemento variou de 3,00 (muito baixa) a 82,00 mg/kg (muito alta). Observamos que o teor de Fósforo no Ponto 3 foi muito elevado em relação aos outros. O nível crítico do Fósforo pode ser resultante da decomposição de animais e vegetais, etapa do ciclo biogeoquímico onde este elemento é devolvido ao solo na forma de íon fosfato.

O aumento do teor de Fósforo também pode ter sido influenciado pela majoritária presença de leguminosas na área estudada, já que elas são capazes de mobilizar Fósforo em quantidades apreciáveis para o seu desenvolvimento e ainda deixar um saldo positivo no solo.

A Condutividade Elétrica (CE) é usada para medir a quantidade de sais presente em solução do solo; quanto maior a quantidade de sais presente na solução, maior será o valor de CE. Para tal parâmetro, as amostras do solo variaram entre 0,20 e 0,54 dS/m, o que indicava baixa quantidade de sais e pouco prejuízo à zona radicular, à germinação, ao desenvolvimento e à produtividade das plantas. Ela é inversamente proporcional ao aumento da profundidade, como verificado nos Pontos 1, 2 e 4 desta pesquisa.

A concentração de Cobre nas amostras do solo variou entre 0,15 (muito baixo) e 4,05 mg/kg (alto). O valor mais elevado foi no Ponto 3, no entanto, em níveis inferiores aos considerados de intervenção para solo de uso agrícola²⁴, que é 60 mg/kg, foi possível inferir que o Cobre não representava um metal poluente no solo, ou seja, não apresentava risco de toxicidade às plantas e não interferia na sua sobrevivência. Observamos também que os valores

diminuíam com a profundidade, acompanhando o comportamento da CTC, provavelmente em decorrência da natureza arenosa do solo estudado.

A concentração de Manganês variou entre 1,85 (baixo) e 21,15 mg/kg (alto). Os valores aumentaram com a profundidade nos Pontos 1 e 2 e diminuíram nos Pontos 3 e 4. O Manganês é um elemento essencial para as plantas, mas em solos ácidos, teores elevados deste nutriente podem resultar em toxidez, o que provavelmente não foi verificado na área estudada, uma vez que o pH do solo variou entre 6,20 (acidez baixa) e 7,65 (alcalinidade média).

A concentração de Zinco nas amostras do solo variou entre 0,45 (baixo) e 16,80 mg/kg (alto). O valor mais elevado foi no Ponto 3, entretanto, com nível inferior ao considerado de intervenção para solo de uso agrícola, que é 450 mg/kg; foi possível inferir que o Zinco, provavelmente, não representava um metal poluente no solo, não apresentava risco de toxicidade às plantas e não interferia na sua sobrevivência.

Na comparação dos níveis de Zinco nos quatro Pontos amostrais, percebemos uma diferença significativa em relação ao Ponto 3, provavelmente pela presença de produtos metálicos e plásticos nos resíduos sólidos da área estudada. A absorção do Zinco pelas plantas é reduzida quando há altas concentrações de Fósforo no substrato, como se constatou no Ponto 3.

A concentração de Ferro nas amostras do solo variou entre 15,00 (baixo) e 84,60 mg/kg (alto). Nos Pontos 2, 3 e 4 os valores aumentaram com a profundidade.

Os resultados permitiam concluir que a camada de cobertura da célula estudada continha solos bastante heterogêneos que, por consequência, poderiam apresentar condições de suporte e desenvolvimento vegetal diferentes ao longo da superfície do aterro sanitário.

Dos parâmetros analisados, 13 indicavam condição favorável para a sobrevivência e desenvolvimento da cobertura vegetal (pH, Alumínio, Saturação por Alumínio, Acidez Potencial, Cálcio, Magnésio, Sódio, Saturação por Bases, Condutividade Elétrica, Percentual de Sódio Trocável,

24. A Resolução nº 420/2009 dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Capacidade de Troca de Cátions, Soma de Bases e Cobre), 3 apresentavam desfavorcimento (Carbono, Matéria Orgânica e Potássio), e 4 não permitiam classificação (Fósforo, Zinco, Ferro e Manganês).

Houve grande tendência de diminuição da concentração dos parâmetros com a profundidade, pois 7 parâmetros (Carbono, Matéria Orgânica, Fósforo, Soma de Bases, Capacidade de Troca de Cátions, Porcentagem de Saturação por Bases e Cobre) diminuíram em todos os pontos, e outros 4 parâmetros (Potássio, Cálcio, Magnésio e Condutividade Elétrica) diminuíram em três pontos, confirmando dados descritos na literatura.

Aparentemente, o solo de cobertura tinha estrutura física adequada ao crescimento vegetal, permitindo às raízes boa fixação, já que existiam árvores de grande porte sobre a célula estudada e não foram verificados tombamentos, como encontrado em outros aterros sanitários.

A pesquisa sobre revegetação ocorreu sobre uma célula de resíduos do Aterro Sanitário de Caucaia encerrada há 20 anos (na época da pesquisa). Realizamos levantamento florístico com contagem e identificação das espécies vegetais (nome científico, nome popular, família e utilidade) com a respectiva coleta de algumas flores, folhas, sementes e afins, para montagem de um catálogo.

Para a identificação das espécies, além de recorrer a importantes referências da literatura, realizamos comparações com herbários digitais, sob a supervisão de um técnico do Parque Botânico do Ceará, em duas campanhas de campo.

Para entender o processo de evolução da área estudada elaboramos mapas de vegetação a partir de imagens do Google Earth e para interpretação das imagens usamos o programa de geoprocessamento Quantum GIS, versão 2.8.1.

Através do ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) realizamos os processos de georreferenciamento das imagens e a criação de vetores no formato shapefile nas classes de vegetação: arbóreo; arbustivo; herbáceo; arbóreo-arbustivo; e solo exposto. A resolução das imagens é de 0,46m. Essa etapa foi realizada

no Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Aplicados (LABGEO) da Universidade Estadual do Ceará (UECE).

O trabalho também teve o cuidado de verificar se os exemplares vegetais encontrados na célula estudada estavam (ou não) inclusos na lista das espécies vegetais do levantamento florístico do Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do Aterro Sanitário.

A medição do Diâmetro à Altura do Peito (DAP) foi realizada para ampliar a compreensão sobre nível de desenvolvimento vegetal. Na literatura, o DAP é apresentado como uma das variáveis mais importantes na quantificação volumétrica e avaliação de biomas, por ser uma variável de fácil acesso e servir de base para outros cálculos.

A célula estudada apresentava vegetais pertencentes ao estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo. Observamos que o estrato arbóreo estava situado no platô da célula e na vertente barlavento sob a influência da direção dos ventos e da concentração de umidade, o que provavelmente favoreceu o desenvolvimento das espécies.

A predominância de plantas arbóreas no platô da célula também poderia ser explicada pela dificuldade do aprofundamento das raízes nos taludes, devido ao aumento da declividade, carreamento das sementes pela água de chuva, e às demais intempéries e oscilações de temperatura e umidade.

Observamos também que o estrato com maior incidência era o herbáceo. Sua majoritária presença poderia ser justificada pelas características inerentes aos indivíduos que compõem tal classe: rápido desenvolvimento; período de fertilidade longo; geração de muitos descendentes; mais de uma alternativa de reprodução; sistemas de autopolinização e polinização cruzada; facilidade de adaptação a condições diversas; baixa exigência nutricional; sementes pequenas de fácil dispersão e dispersão por formas diversas (fauna, água, vento).

Na área de estudo identificamos vegetais de 22 espécies com exemplares da Caatinga e de outros biomas, a saber:

1. Chanana (*Turnera uniflora*)

Planta herbácea que pertence à família Turneraceae. Apresenta muitos ramos delicados e difusos. Tem raiz grossa e pivotante, por isso sobrevive bem em condições adversas. É muito comum em regiões de muito sol. Suas flores são comestíveis, de cor branca e amarela. As folhas da Chanana têm até 2cm de comprimento. Floresce quase o ano inteiro e se multiplica por sementes. É aromática e possui uma espécie de óleo amargo e adstringente, ao qual se atribuem numerosas virtudes medicinais. A Chanana constava na lista das espécies vegetais existentes no levantamento florístico do Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie comum dentro e no entorno do aterro sanitário.

2. Salsa (*Ipomoea asarifolia*)

É uma planta herbácea que pertence à família Convolvulaceae, com ocorrência em todos os estados das regiões Norte e Nordeste. Floresce na estação chuvosa e seca, apresenta flores grandes, com coloração rosa e corola em formato de funil. A Salsa é invasora de diversas culturas, de terrenos abandonados, margens de estradas, lugares próximos às habitações, devido as suas altas taxas de frutificação e de germinação, elevado número de sementes por fruto e forma de propagação vegetativa. A Salsa constava na lista dos gêneros vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie comum dentro e no entorno do aterro sanitário.

3. Bucha Vegetal (*Luffa cylindrica*)

É uma planta pertencente à família Cucurbitaceae. É uma trepadeira anual de verão que prefere solo argilo-arenoso, fértil, bem drenado, com acidez fraca e clima tropical. Suas folhas são grandes, ásperas e verde escuras, que lembram a forma de uma mão aberta. Os frutos são grandes, podendo alcançar 35 cm. Eles são cilíndricos, alongados e podem

ser lisos ou angulosos, de acordo com a variedade. Quando jovens são verdes e se tornam marrons quando maduros. Os frutos maduros podem ser colhidos e descascados para obtenção da esponja. Trata-se de uma espécie invasora proveniente do continente asiático, africano e do Nordeste do Brasil. Na célula estudada, a Bucha Vegetal desenvolveu-se mantendo a vegetação arbustivo-arbórea como suporte e por ser uma espécie que se reproduz com grande facilidade foi observada em toda a célula. A Bucha Vegetal não constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA, ou seja, era uma espécie exclusiva do aterro sanitário.

4. Buchinha (*Luffa operculata*)

A espécie é uma trepadeira da família Cucurbitaceae, tem caule muito ramificado com até 10m de comprimento. A Buchinha tem folhas simples, flores amarelo-pálidas, fruto com espinhos curtos com numerosas sementes escuras achatadas e lisas. É nativa da América do Sul, especialmente do Brasil. A Buchinha possui destaque entre os fitoterápicos utilizados no país. A Buchinha não constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA, ou seja, era uma espécie exclusiva do aterro sanitário.

5. Milho de Cobra (*Dracontium lorentense*)

É uma planta herbácea característica de florestas primárias ou secundárias pertencente à família Araceae. As populações desta espécie são escassas e muitas vezes são encontradas plantas individuais isoladas. A planta sobrevive em solos com condições adversas e distante de corpos d'água, embora seja capaz de sobreviver inundações. Também é usada na medicina popular, especialmente como antídoto em caso de picadas de serpentes. O Milho de Cobra não constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA, ou seja, era uma espécie exclusiva do aterro sanitário.

6. Capim Elefante (*Pennisetum prunifera*)

É uma gramínea forrageira de alto potencial produtivo, adaptando-se muito bem às condições de clima e solo de praticamente todo o Brasil. É uma espécie da família Poaceae, tem origem Africana, apresenta ciclo vegetativo perene e crescimento cespitoso. Na área pesquisada observamos grande predominância do Capim Elefante, o que era vantajoso para o processo de recuperação ambiental. O Capim Elefante não constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA, ou seja, era uma espécie exclusiva do aterro sanitário.

7. Urtiga (*Pourouma cinerascens*)

É uma erva que pertence a família Urticaceae. Possui ramos estriados de 2 a 8 mm de diâmetro. No Brasil, apresenta ampla distribuição em áreas degradadas, terrenos baldios, ao longo de rodovias e restingas. A Urtiga não constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA, ou seja, era uma espécie exclusiva do aterro sanitário.

8. Ciúme (*Calotropis procera*)

Pertence à família Apocynaceae, sendo nativa da África, Península Arábica e Sudoeste da Ásia. No Brasil foi introduzida como ornamental mas é encontrada em muitos Estados. Tem característica xerofítica com folhas consistentes, apresenta uma ou poucas hastes cilíndricas (caules) e poucos galhos. Quando o caule e as folhas são cortados, obtém-se um fluxo abundante de seiva branca (látex) devido ao rompimento dos tecidos. A Ciúme constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie comum dentro e no entorno do aterro sanitário.

9. Mamona (*Ricinus communis*)

A Mamona é uma planta oleaginosa da família Euphorbiaceae, originária do

leste do continente Africano. No Brasil, a Mamona encontra-se difundida nos estados da região Nordeste, principalmente na zona semiárida, devido ao seu alto grau de tolerância a déficit de umidade no solo e a temperaturas elevadas, onde aparece como produto de importância social e econômica. Na área estudada observamos grande predominância da Mamona. Ela constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie comum dentro e no entorno do aterro sanitário.

10. Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*)

Uma árvore nativa pertencente à família Leguminosae e que predomina na Caatinga e Cerrado. Tem crescimento rápido, atinge 6 metros de altura e 30 cm de diâmetro, dotada de copa irregular e folhas compostas. Na célula estudada foram encontrados 05 indivíduos dessa espécie com diâmetros variando entre 6 e 30 cm. É uma espécie muito importante para a manutenção da biodiversidade e do funcionamento dos ecossistemas. Ela constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie comum dentro e no entorno do aterro sanitário.

11. Cajazeira (*Spondias mombin*)

É uma árvore frutífera típica de zonas úmidas e subúmidas pertencente à família Anacardiaceae. Na Caatinga ocorre quando plantada e em regiões costeiras de maior precipitação. Sua madeira é utilizada em marcenarias e a casca, os ramos, as folhas e as flores possuem propriedades medicinais. Ela não constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie exclusiva do aterro sanitário.

12. Mororó (*Bauhinia forticata*)

É uma planta que pertence à família Leguminosae, nativa do Sudeste do

Brasil, mas também encontrada em áreas da região Nordeste. Na célula estudada foram identificados 04 indivíduos dessa espécie com diâmetro entre 8 e 10 cm, ou seja, bem inferior ao descrito na literatura. A madeira do Mororó é utilizada na produção de lenha e estacas, e as folhas servem para a alimentação animal. Pode também servir para arborização urbana e paisagismo. Ocorre em quase todos os tipos de solo, com maior abundância em solos profundos, permeáveis e de boa fertilidade. Existem pesquisas que empregaram essa árvore na revegetação de lixões e aterros sanitários nas cidades de Inconfidentes, Bauru e São Paulo. O Mororó constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie comum dentro e no entorno do aterro sanitário.

13. Leucena (Leucaena leucocephala)

É originária da América Central e pertence à família Leguminosae. Na célula estudada foram identificados 10 Leucenas com diâmetros entre 7 e 11cm, ou seja, bem inferior ao registrado na literatura. É utilizada para a recuperação da cobertura vegetal e reabilitação de áreas degradadas, no entanto também há diversos estudos atribuindo-lhe a característica de planta invasora em várias regiões do mundo que levaram à sua inclusão na lista das 100 espécies invasoras mais agressivas do planeta elaborada pela União Mundial para a Conservação da Natureza - IUCN. Essa espécie identificada também foi observada em lixões ou aterros de Brasília (DF), Santo Amaro (SP), Formosa (GO) e Duque de Caxias (RJ). Não constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie exclusiva do aterro sanitário.

14. Catingueira (Caesalpinia pyramidalis)

É uma árvore nativa do bioma Caatinga pertencente à família Leguminosae. É uma espécie de ampla dispersão no Nordeste, sendo no semiárido um arbusto

de pequeno porte. Na célula estudada foi identificado um indivíduo com 30 cm de diâmetro, ou seja, próximo ao descrito na literatura. É uma árvore de muita beleza, pode ser utilizada na arborização urbana e, como planta pioneira de rápido crescimento, é aproveitada na recuperação de áreas degradadas pelo desmatamento. Tem a capacidade de rebrotar com intensidade quando cortada, o que nem sempre acontece com outras espécies da Caatinga. É usada para estacas, moirões e varas, na fabricação de carvão e lenha, bem como na confecção de cercas estivadas e cabos de ferramentas. É considerada boa forrageira para bovinos, caprinos e ovinos, especialmente fenada. Existem relatos sobre ela no lixão de Pombal (PB). A Catingueira constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie comum dentro e no entorno do aterro sanitário.

15. Angico branco (Anadenanthera colubrina)

O Angico branco pertence à família Leguminosae. Na célula estudada foram identificados 08 indivíduos da espécie com diâmetros variando entre 8 e 30 cm. É classificado como uma espécie pioneira e há relatos da sua aplicação em projetos de enriquecimento vegetal de uma área que recebeu resíduos em Nova Iguaçu (RJ), na recuperação ambiental da área do aterro sanitário de Bauru (SP) e de ter sido inventariada no lixão de Pombal (PB). Constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie comum dentro e no entorno do aterro sanitário.

16. Acácia amarela (Acacia farnesiana)

Trata-se de um arbusto ou árvore pertencente à família Leguminosae. É a espécie mais abundante do gênero Acácia, sendo encontrada em climas tropical e subtropical. É resistente ao fogo e não tolera o frio. São usadas para o reflorestamento de terras áridas degradadas devido a sua boa adaptação em ambientes

áridos e semiáridos. A espécie possui valor econômico destacado para madeiras e forrageiras, além de ser rica em tanino que se utiliza na elaboração de tintas e produtos farmacêuticos. Na célula estudada foram identificados 05 indivíduos da espécie com diâmetro entre 10 e 19 cm. A Acácia amarela não constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie exclusiva do aterro sanitário. Há relatos sobre a presença dela em áreas adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília e foi sugerida para recuperação paisagística do Aterro Sanitário de Toledo (PR).

17. Mutamba (Guazuma ulmifolia)

Trata-se de uma espécie nativa, mas não endêmica do Brasil, pertencente à família Sterculiaceae. Ocorre em regiões da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. Árvore com altura de 8 a 16 m, e tronco de 30 a 50 cm de diâmetro, revestido com cascas acinzentadas. Na célula estudada foram identificados 02 indivíduos com 09 e 11 cm de diâmetro, ou seja, bem inferior ao descrito na literatura. Pesquisadores destacam o potencial da Mutamba em consórcios agrosilvopastoris e a caracterizam como uma espécie indicadora de solos mesotróficos. A Mutamba foi aplicada em um experimento de revegetação de parte da área do lixão da cidade de Inconfidentes (MG) com grande taxa de sobrevivência. A Mutamba constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie comum dentro e no entorno do aterro sanitário.

18. Jucá (Caesalpinia ferrea)

Trata-se de uma árvore nativa, pertencente à família Leguminosae, com ocorrência principalmente na Caatinga. Seu diâmetro varia entre 50 e 80 cm de diâmetro. Na célula estudada, foi identificado 01 indivíduo com 16 cm de diâmetro, ou seja, bem inferior ao registrado na literatura. Sua madeira é empregada em construção civil, obras externas e

marcenaria em geral. Há relatos também em uma pesquisa no Maranhão do uso do Jucá na medicina popular. A espécie foi observada em lixões ou aterros de Pombal (PB) e Raposo Tavares (SP). Constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie comum dentro e no entorno do aterro sanitário.

19. Acerola (Malpighia emarginata)

É uma planta pertencente à família Malpighiaceae, nativa do Caribe, América Central e porção norte da América do Sul. No Brasil, a introdução dessa fruteira ocorreu na década de 50. A espécie é um arbusto possuidor de haste única com ramificações densas, de crescimento longitudinal e/ou lateral. A formação do fruto é rápida, abrangendo 22 dias desde o florescimento até a maturação. Na célula estudada foi identificado 01 indivíduo. Tal espécie não constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie exclusiva do aterro sanitário.

20. Feijão bravo (Capparis flexuosa)

É nativo, de pequeno porte e muito comum na Caatinga. É uma espécie de alto potencial de fitorremediação, fitoextração e fitoestabilização, que a torna uma espécie importante para a remediação de locais poluídos, como áreas de disposição de resíduos sólidos encerradas. Foram identificados 02 indivíduos, sendo que seus diâmetros não foram mensurados, pois as plantas eram muito jovens. Tal espécie não constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie exclusiva do aterro sanitário.

21. Carnaúba (Copernicia prunifera)

A Carnaúba, típica do Nordeste brasileiro pertence à família Arecaceae. Tem

grande potencial paisagístico e econômico. As raízes têm uso medicinal, os frutos são um rico nutriente para a ração animal, o tronco é madeira de qualidade para construções, as palhas servem para a produção artesanal, adubação do solo e extração de cera. Na área foi identificado 01 indivíduo jovem, não sendo possível a mensuração do seu diâmetro. A Carnaúba constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie comum dentro e no entorno do aterro sanitário.

22. Mandacaru (*Cereus jamacaru*)

É um vegetal nativo da Caatinga que pertence à família Cactaceae. É adaptado às condições climáticas do semiárido brasileiro, sendo encontrado em todo o Nordeste e no norte de Minas Gerais. É uma espécie indicadora de nível de sucessão ecológica primária, sobrevive nos piores tipos de solo e sobrevive a longos períodos de estiagem, sendo utilizado como alternativa nos períodos de secas prolongadas, como um dos principais suportes forrageiros dos ruminantes. Também é utilizado na indústria alimentícia e como planta medicinal e ornamental. Na célula estudada foram identificados vários indivíduos da espécie, não sendo possível medir seu diâmetro pela quantidade de espinhos. O Mandacaru constava na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do EIA da ampliação do aterro, ou seja, era uma espécie comum dentro e no entorno do aterro sanitário. A espécie foi inventariada no lixão de Pombal (PB).

Das espécies identificadas no processo de revegetação natural da célula estudada, são recomendadas para a revegetação de aterros sanitários encerrados: as leguminosas (Jurema Preta, Mororó, Leucena, Jucá, Catingueira, Angico

Branco, Acacia Amarela); a Salsa; o Capim Elefante; a Mutamba; e o Feijão Bravo. As leguminosas se destacam por apresentarem alta capacidade reprodutiva, baixa exigência em fertilidade e por melhorarem as características do substrato.

A revegetação de aterros sanitários e similares contribui para o melhoramento ambiental e paisagístico da área degradada e seu entorno, especialmente nas regiões limítrofes com outros ecossistemas.

O estudo sobre o processo de revegetação observado na célula do Aterro Sanitário de Caucaia, além de localmente inédito, pode ser a base para o desenvolvimento de futuros projetos de recuperação ambiental mais adequados à realidade ambiental e climática local.

Com a pesquisa foi possível entender que o ambiente estava recuperando sua resiliência e ficou evidente que a reconstrução de um ecossistema degradado não acontecia de modo repentino, e sim gradativo, seguindo estágios sucessionais.

Alguns processos, certamente, contribuíram para a revegetação da célula: o tempo de encerramento e suas múltiplas transformações físicas, químicas e biológicas; a presença de sementes nos resíduos sólidos domiciliares; a presença de diversas sementes nos solos provenientes das atividades da limpeza urbana realizada em Fortaleza e Caucaia, especialmente na poda, raspagem e capina, que foram depositados sobre a célula estudada durante anos; a presença de remanescentes naturais dos arredores do aterro e o transporte de sementes pela ação dos ventos, chuvas e animais (pássaros, morcegos, abelhas etc.); o transporte de sementes de locais diversos pelo movimento de pessoas e veículos; a existência de um regime de chuvas em torno de 1.319mm (média do período) no município.

9

As pesquisas de 2017

Em 2017, as pesquisas trataram da reciclagem de plásticos, do manejo de pneus inservíveis, dos resíduos perigosos e dos catadores.

Na pesquisa sobre reciclagem descrevemos o processo mecânico de tratamento dos polímeros (Polipropileno - PP e Polietileno - PE) realizado por uma indústria localizada no município de Eusébio-Ceará: a SLP Indústria e Comércio de Reciclagem de Plásticos LTDA.

Primeiramente, realizamos contato com a empresa solicitando autorização do acompanhamento do processo produtivo de reciclagem. Em seguida realizamos 5 visitas durante o primeiro semestre de 2017 com gravações de áudio, observação participante e entrevistas abertas com os responsáveis e funcionários da empresa, possibilitando uma melhor observação do funcionamento de cada etapa do processo de reciclagem.

A SLP, instalada no Eusébio desde 2001, realizava a recuperação de materiais plásticos reintroduzindo-os na sua cadeia produtiva, conforme seu Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) e seu Código Nacional de Atividades Comerciais (CNAE).

Na época, o empreendimento contava com 20 funcionários, sendo que suas atividades, indiretamente, envolviam uma cadeia de relacionamento com empresas terceirizadas que forneciam materiais plásticos, e outras indústrias de transformação de materiais localizadas na Região Metropolitana de Fortaleza.

Na entrada principal da empresa, havia uma placa que apresentava detalhes da licença de operação concedida pela Autarquia Municipal de Meio Ambiente

(AMMA) da Prefeitura de Eusébio.

Basicamente, a empresa produzia matéria-prima para produção de cadeiras, mesas e baldes à base de PP e PE. O preço das resinas comercializadas variava conforme a necessidade de cada cliente no que dizia respeito à intensidade da cor, propriedades mecânicas e fluidez das resinas plásticas.

Na época, a empresa tinha capacidade de produzir entre 400 e 500 toneladas por mês e, em 2016, tinha comercializado um montante de três milhões de quilogramas de resinas plásticas.

A recicladora ocupava uma área de aproximadamente 5.000m² e funcionava por quase 24h seguidas, exceto no período de 17h às 20h30min, em função de um acordo feito entre a companhia distribuidora de energia elétrica e as empresas instaladas no município, para evitar uma sobrecarga no sistema de distribuição.

Algumas etapas do processo produtivo eram mecanizadas e outras realizadas por funcionários, manualmente. Por motivos técnicos e para maior produtividade, a empresa optava por terceirizar as etapas iniciais do processo (separação, moagem, lavagem com água e secagem). Em uma das visitas, por exemplo, identificamos amostras de PE misturadas com PP, indicando ineficiência na etapa de separação. Em alguns casos, a SLP realizava o pré-tratamento da amostra; em outros, eliminava a carga da rota de processamento, devolvendo ao fornecedor.

Na época, a SLP recebia os materiais plásticos em sacos de ráfia de 50Kg. Ao descerem do caminhão, os materiais eram separados por tipo de polímero

(Polietileno ou Polipropileno) e cor (branco, preto ou misturado). Alguns funcionários tinham tanta experiência na atividade que identificavam, rapidamente, se havia mistura ou não dos plásticos. Com o auxílio de uma empilhadeira os sacos eram depositados no pátio de estoque.

A próxima etapa consistia na mistura do polímero de interesse (PP ou PE) com os aditivos e pigmentos conforme o pedido de cada cliente. Para tal, a empresa utilizava um misturador com hélice, que também retirava, indiretamente, uma parte da umidade do material plástico em função do atrito. A alimentação dessa máquina era manual, ficando a cargo de um funcionário a constante reposição do material no seu interior.

Quando o material estocado apresentava sinais de deterioração (por chuva e sol), a estratégia econômica da SLP, para não perder matéria-prima, consistia em adicionar pedaços de garrações de água ou potes de margarina picotados como aditivos, pois esses materiais eram considerados polímeros virgens que agregavam qualidade à resina plástica final.

Após a mistura, o material era enviado para aglutinação. A finalidade da aglutinação era tornar o material homogeneizado, sem umidade e adequado à etapa subsequente (extrusão). Nesse sentido, a aglutinação potencializava a mistura dos polímeros com os aditivos e pigmentos. A máquina trabalhava a uma elevada temperatura para garantir uma homogeneização adequada (Polietileno: 105 - 130°C, Polipropileno: 146°C).

Na etapa de extrusão, o material plástico quase líquido era pressionado a passar por pequenos orifícios, resultando em fios (chamados na fábrica de espaguete). Em seguida, o material era resfriado em um tanque de água corrente, secado ao ar livre e cortado em grãos, cuja granulometria era adequada a cada cliente. Um funcionário, visualmente, acompanhava o processo e percebia se a intensidade da cor dos fios estava (ou não) adequada, determinando a manutenção ou mudança na etapa anterior (mistura), principalmente na quantidade

de aditivos e pigmentos. Encerrada a etapa, os grãos eram depositados em um tanque de plástico, ensacados e devidamente identificados quanto ao uso.

Na SLP, as sobras dos materiais eram trituradas e novamente introduzidas no processo. Pelo fato de a empresa, esporadicamente, refazer a etapa de lavagem do material plástico comprado, ocorria a geração de um efluente, que na época, passava por um decantador e filtro de areia. A água era reutilizada no processo. Os materiais retidos no decantador (uma mistura de areia e restos de plásticos) eram enviados para o aterro sanitário.

Pela pesquisa foi possível concluir: a SLP desempenhava um importante papel na cadeia da reciclagem de polímeros na Região Metropolitana de Fortaleza, comercializando resinas confiáveis e de qualidade; a qualidade da coleta seletiva e dos materiais adquiridos refletiam diretamente no processo produtivo; o processo de reciclagem, mesmo que aproveite grandes volumes de resíduos, também é gerador de rejeitos que demandam tratamento e disposição final adequados.

Na pesquisa sobre o manejo dos pneus inservíveis tomamos como referência a realidade observada em 40 borracharias e/ou revendas situadas no município de Fortaleza. Foram realizadas visitas em estabelecimentos de pequeno, médio e grande porte, todos escolhidos aleatoriamente nos bairros Lagoa Redonda, Messejana, Cambéa, Joaquim Távora, São João do Tauape, José de Alencar, Dias Macêdo, Passaré, Cajazeiras, Antônio Bezerra, Jardim Guanabara, Cidade 2000, Dunas, Praia do Futuro, Papicu, Cais do Porto, Benfica, Alagadiço Novo, Centro, Aldeota, Itaperi, Modubim e Prefeito José Walter.

Na época da pesquisa, o IBAMA estabelecia como meta nacional, a coleta de 532.480 toneladas de pneus e o país tinha alcançado 97,5% desse total. Em termos estaduais, o Ceará estaria contribuindo com, no máximo, 0,5% do total de pneus inservíveis coletados, o que certamente não condizia com o potencial gerador da região. No ranking

nacional divulgado pelo IBAMA, o Ceará ficava na 17ª posição em relação à quantidade (em toneladas) de pneus inservíveis destinados.

Em Fortaleza, na época da pesquisa, conforme consulta realizada aos Relatórios de Pneumáticos do Cadastro Técnico Federal do IBAMA, existiam apenas dois pontos de coleta de pneus inservíveis; um na Av. Barão de Studart, 3100, Aldeota (capacidade: 2300 unidades) e outro na Rua Professor Teodorico, 212, Montese (capacidade: 500 unidades).

Durante visita realizada ao primeiro local, percebemos que a atividade de recebimento dos pneus tinha sido transferida para outro endereço (Av. Quarto Anel Viário, 4901, Pajuçara, Maracanaú/CE) e que, em média, esse novo endereço movimentava 80 toneladas de pneus inservíveis por mês; todos destinados à queima em fornos de indústrias de cimento.

A visita ao segundo local (Rua Professor Teodorico, 212, Montese) possibilitou perceber que o estabelecimento era apenas um distribuidor, não atuando como ponto de coleta. Sobre o destino dado aos pneus existentes no local, o entrevistado relatou que uma empresa contratada fazia o recolhimento (uma média de 150 unidades ao ano).

Em uma nova consulta ao site do IBAMA, em fevereiro de 2017, foi possível verificar uma atualização no número de pontos cadastrados na cidade de Fortaleza para coleta de pneus inservíveis (agora eram 7 pontos), com um aumento significativo na capacidade de recepção de pneus (total: 4834 pneus).

As visitas aos 40 estabelecimentos permitiram estimar que eram gerados aproximadamente 1131 pneus inservíveis por semana, e que a quantidade mais relatada pelos entrevistados (moda) era de 15 pneus.

A maior parte dos estabelecimentos visitados (35 ou 88%) geravam até 51 pneus inservíveis por semana. Observamos também que a quantidade de pneus descartada estava relacionada com três

fatores: o tipo de atividade desenvolvida em cada local (somente borracharia, borracharia e revenda, somente revenda); a localização do estabelecimento (grandes avenidas ou ruas coletoras); e o fluxo de clientes.

Observamos que 28 estabelecimentos (70%) realizavam o armazenamento interno dos pneus inservíveis (em alguns casos em espaço coberto), e que os demais (12 estabelecimentos = 30%) colocavam os pneus diretamente na rua, principalmente na calçada (junto ao meio-fio) e no canteiro central.

Considerando o total de pneus possivelmente gerados (1131 unidades por semana), a maioria (887 unidades = 78%) estaria passando pela etapa do armazenamento, contribuindo, para isso, a atuação dos grandes geradores.

Com relação à coleta dos pneus inservíveis, observamos que 80% dos estabelecimentos estavam usufruindo da coleta pública realizada pela Prefeitura, o que não deveria ocorrer. A Prefeitura, através da Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente, afirmava exercer o papel de coleta, mesmo não sendo sua obrigação, por uma questão de saúde pública²⁵. Seus dados apontavam para o recolhimento de 878 mil pneus entre 2013 e 2017; parte enviada para processamento na empresa RECICLANIP e o restante enviado ao Aterro Sanitário Caucaia.

Na lei estadual, se o titular do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos [...] encarregar-se de atividades de responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes [...] as ações do Poder Público serão devidamente remuneradas [...], o que não vinha ocorrendo em Fortaleza.

Com relação à frequência de coleta, observamos que a maioria dos estabelecimentos (32 = 80%) tinha seus pneus inservíveis coletados até três vezes por semana, ou seja, na mesma frequência do serviço público de coleta de lixo. Os demais locais possuíam frequência variável (uma ou duas vezes por mês etc).

Com relação ao tipo de veículo que

25. Os pneus acumulam água da chuva e são potenciais criadouros de mosquitos transmissores de doenças.

coletava os pneus inservíveis, observamos a majoritária presença dos caminhões com carroceria (52%), seguido das caçambas (23%), dos compactadores (20%) e outros veículos (5%).

Na pesquisa também buscamos saber que informações os entrevistados tinham sobre o destino final dado aos pneus coletados em seus estabelecimentos. Observamos que a maioria (27 entrevistados = 68%) não tinha nenhuma ideia sobre o assunto. Os demais (13 entrevistados = 32%) respondiam sobre variados destinos: forno de cimenteira; formação de corais artificiais no mar; forno de siderúrgica; usina de asfalto; reciclagem; artesanato; e aterro sanitário. A desinformação era grande.

Com a pesquisa tivemos um conjunto de reflexões sobre a problemática ambiental dos pneus inservíveis e traçamos um breve cenário da situação do manejo desses resíduos em Fortaleza.

Em termos nacionais, considerando os dados do IBAMA, cabia uma discussão sobre as possibilidades de o Brasil subir a meta de recolhimento de pneus inservíveis, em função dos bons resultados alcançados nos últimos anos. Em termos estaduais, os resultados apresentados não condiziam com o potencial de geração, cabendo uma política pública sobre logística reversa, além de fiscalização e acordos setoriais.

Na época, a etapa de armazenamento era a que mais se aproximava do ideal, dentro da perspectiva do manejo adequado de resíduos sólidos. Quanto à coleta, os fabricantes, distribuidores, importadores e comerciantes de pneus não estavam cumprindo as suas obrigações, sobrecarregando a Prefeitura (que realizava coleta gratuita).

Na pesquisa sobre resíduos perigosos, tomamos como objeto de estudo a empresa B&T Transportes, que atuava em coleta, transporte, tratamento, descontaminação e envio para disposição final de resíduos sólidos contaminados com óleo de embarcações marítimas, transportes terrestres e de segmentos industriais.

A empresa funcionava no município do Eusébio desde 2001 e, pelo tipo de resíduo que manipulava, possuía licença ambiental da Autarquia Municipal de Meio Ambiente (AMMA), da Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA) de Fortaleza e da Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). Além disso, contava com registro sanitário, alvará de funcionamento, certificado do corpo de bombeiros, seguro ambiental, plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

A estrutura operacional da empresa foi construída observando a segurança operacional e funcional. O pátio foi projetado estruturalmente para que o processo fosse realizado dentro dos padrões técnicos de acondicionamento, controle e transferência dos resíduos. A empresa possuía espaço para movimentação de caminhões, áreas de contenção e laboratório de acompanhamento dos processos.

Os serviços praticados pela B&T Transportes envolviam a manipulação de resíduos contaminados por óleo, tais como: óleo lubrificante usado e contaminado; lama; água com óleo; borras oleosas; e resíduos líquidos oleosos (RLO) de navios e embarcações. Também coletavam, tratavam e descartavam filtros de óleos, estopas e bombonas contaminadas com óleo. Na época, 32 empresas, a maioria com atividades no Porto do Mucuripe e Pecém, eram atendidas pela B&T Transportes.

O pedido do serviço de coleta de resíduos era feito por telefone ou e-mail. De acordo com o tipo de resíduo (classe I - perigoso ou classe II - não perigoso), a B&T Transportes determinava o custo do serviço e a data da coleta, que era feita com caminhão-tanque equipado com sugador e bomba a vácuo, o que garantia a transferência dos fluidos com agilidade e segurança. Também eram coletados resíduos líquidos oleosos em tambores de 1000L, 200L e 50L. O gerador recebia um Manifesto de Transporte de Resíduos e um certificado de destinação final.

Na empresa, os resíduos oleosos eram armazenados em tanques de espera de

15m³ e em tambores de 1.000L e 200L. Após um dia em repouso, iniciava-se o tratamento.

Os resíduos oleosos tratados na B&T Transportes eram destinados ao processo de rerrefino²⁶ na LWART LUBRIFICANTES, localizada em Lençóis Paulista, São Paulo, recebendo desta um certificado de coleta de acordo com a legislação pertinente.

Na época da pesquisa, o tratamento do resíduo oleoso era realizado através de um circuito fechado, automatizado, sequencial e linear. As técnicas de tratamento utilizadas eram físicas, químicas e biológicas. A transferência entre tanques era por gravidade.

No tratamento primário, os resíduos oleosos eram armazenados temporariamente - repouso gravimétrico - para que ocorresse a primeira separação óleo/água pelo princípio da diferença de gravidade específica. O óleo livre era armazenado em um tanque e, caso apresentasse alta viscosidade, era tratado termicamente. O tempo de aquecimento variava de acordo com o tipo de óleo. Os óleos menos viscosos eram aquecidos por 6-7 horas e os óleos mais viscosos precisavam de 24 horas para realizar o processo e mais 24 horas para a drenagem do óleo em direção aos tanques de espera.

O óleo emulsionado era transferido para um tanque com chicanas verticais e horizontais, buscando nova separação água/óleo. Na presença de algum resíduo mais grosseiro, o óleo emulsionado passava por um sistema de centrifugação. A água drenada era enviada para descontaminação com nova filtragem, aeração e ozonização. Em seguida, a empresa realizava análise físico-química da água e a reutilizava na lavagem de veículos, calçadas e na irrigação de plantas e jardins. Na época, a empresa aproveitava 20m³ de água, mantinha um pequeno lago artificial interno e o excedente era transferido para a rede da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

As atividades operacionais da empresa resultavam na geração de filtros de óleo, embalagens plásticas, estopas, trapos, areia, bobonas, dentre outros resíduos

contaminados. Uma parte era enviada para incineração e outra para coprocessamento em fornos de cerâmicas.

A B&T Transportes lidava diretamente com 03 tipos de resíduos perigosos: Efluentes Oleosos (EO); Água Contaminada (AC); e Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado (OLUC). Na época da pesquisa, a empresa tinha recebido, entre janeiro e setembro, 834,52m³ de EO, 141,46m³ de AC e 46,26m³ de OLUC.

Com a pesquisa, foi possível concluir que o processo de tratamento de resíduos perigosos desenvolvido pela B&T Transportes era um importante instrumento de gestão ambiental, com benefícios sociais, econômicos e ambientais (diretos ou indiretos).

Os processos desenvolvidos na empresa (coleta, transporte, tratamento, descontaminação e destinação final de resíduos oleosos) eram devidamente autorizados pelos órgãos competentes e transmitiam total segurança a clientes e à sociedade.

Na pesquisa sobre os catadores objetivamos diagnosticar a situação social dos trabalhadores autônomos que trabalhavam com materiais reutilizáveis e recicláveis no Centro de Fortaleza.

Na época da pesquisa, Fortaleza era subdividida em 07 subprefeituras denominadas Secretarias Executivas Regionais (SER), e o bairro Centro pertencia à Secretaria Executiva Regional 2, mas sua natureza predominantemente comercial e de serviços resultou na criação de uma Secretaria específica: a Secretaria Executiva Regional do Centro (SERCEFRO).

Conforme dados levantados na Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SDE) da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF), a Regional somava 20% dos empregos formais do município, 28.538 habitantes, 4,85km² e cerca de 12.078 domicílios.

A dinâmica econômica e social do Centro resultava em uma grande quantidade de resíduos recicláveis diariamente, o que atraía muitos catadores de

26. Conforme o artigo 5º da Resolução do CONAMA 362/2005, o produtor, o importador e o revendedor de óleo lubrificante acabado, bem como o gerador de óleo lubrificante usado, são responsáveis pelo recolhimento do óleo lubrificante usado ou contaminado (no mínimo 30% do volume comercializado) e, conforme o artigo 3º, todo óleo lubrificante usado ou contaminado coletado deverá ser destinado à reciclagem por meio do processo de rerrefino.

materiais; além de recolher resíduos, eles conseguiam alimentação e locais para passar a noite.

A pesquisa aconteceu pelas ruas General Sampaio, Pedro I, Senador Pompeu, Pedro Pereira, Guilherme Rocha, Major Facundo, Floriano Peixoto, São Paulo e pela Av. Tristão Gonçalves. Conversamos com 31 catadores autônomos entre o mês de março e novembro daquele ano.

Entre os 31 catadores entrevistados, 49% tinham até 39 anos, 32% entre 40 e 60 anos e 19% acima de 60 anos. Essa distribuição etária mostrava que a maioria dos entrevistados estava na fase mais produtiva da vida. O entrevistado mais jovem tinha 21 anos de idade e nunca exerceu outra profissão. A entrevistada mais velha foi uma senhora de 71 anos, que já tinha trabalhado como operária em uma fábrica de costura. Entre os homens, o mais velho tinha 63 anos e anteriormente trabalhou como bombeiro hidráulico.

Com relação à distribuição dos entrevistados por sexo, observamos que 28 (90%) pertenciam ao sexo masculino e 03 (10%) ao feminino. Conforme exposto na literatura, a presença masculina, nas ruas, é predominante no trabalho informal de catação de materiais. Já as mulheres preferem trabalhar nas cooperativas e/ou associações.

No quesito escolaridade, observamos que 24 (77%) catadores possuíam o ensino fundamental incompleto, 04 (13%) possuíam o ensino fundamental completo, 02 (7%) o ensino médio incompleto e 01 (3%) o ensino médio completo. Confirmando o que consta na literatura, os catadores de materiais recicláveis possuem baixo nível de escolaridade.

Com relação à estrutura familiar, observamos que 23 (74%) possuíam filhos e 08 (26%) não possuíam. Alguns catadores relatavam que seus filhos também exerciam a atividade, mas era comum o interesse que os filhos exercessem outra profissão. Alguns estimulavam os filhos a continuar nos estudos. Dos entrevistados, 10 afirmavam ter quatro filhos ou

mais, indicando total ausência de controle de natalidade.

Com relação às formas de ocupação, observamos que a maioria (87%) exercia exclusivamente a função de catador, mas existiam aqueles que exerciam atividades paralelas para conseguir renda extra (carpinteiro, soldador, flanelinha).

Entre os entrevistados, 14 (45%) trabalhavam na atividade de “reciclagem” há quase 10 anos e 11 (36%) há mais de 10 anos. Esses resultados permitiam entender que a catação não gerava renda suficiente para que o sujeito mudasse de vida e se envolvesse em outra atividade. Seis catadores (19%) estavam na catação há poucos meses. Uma das três mulheres entrevistadas afirmou ser pioneira na catação de materiais pelas ruas do centro de Fortaleza. A senhora, que tinha 71 anos de idade, morava no bairro Nossa Senhora das Graças, era viúva, tinha 9 filhos e ganhava até R\$ 250,00 por mês. Apenas 13% dos entrevistados não tiveram outras experiências profissionais antes da catação, demonstrando um cenário de total desemprego estrutural.

Com relação ao número de horas habitualmente trabalhadas, a minoria (7%) trabalhava em um turno (4 horas/dia), 19% em dois turnos (8 horas/dia), 32% em três turnos (12 horas/dia), 16% em quatro turnos (16 horas/dia), 19% em acima de 16 horas/dia e 7% não sabiam informar. Essa diversidade de horários era consequência da “liberdade” que o catador autônomo afirmava ter para determinar o seu próprio ritmo de trabalho. No geral, a distribuição observada mostrava que a carga horária dos catadores era bem superior à de outras profissões, muitas vezes ininterruptas e extenuantes.

Com relação à renda média mensal, observamos que 20 (65%) catadores ganhavam abaixo de um salário-mínimo²⁷, 08 (26%) ganhavam entre um e dois salários, 02 (6%) acima de dois salários e 01 (3%) não sabia informar. Além da baixa remuneração, 64% dos entrevistados sustentavam pelo menos um dependente e nenhum catador afirmou receber

27. O salário mínimo em 2017 era R\$ 937,00.

benefícios do governo. Na pesquisa, de uma forma geral, constatamos que a renda das mulheres era menor que a renda dos homens.

Os cinco materiais mais encontrados pelos catadores no bairro Centro eram papelão, plástico, papel, alumínio e vidro. O item de maior valor de venda era o alumínio (em média R\$ 1,97/Kg) e o de menor valor era o papelão (em média R\$ 0,11/Kg), sendo que o alumínio era um produto “raro” e o papelão tinha em excesso, invertendo os ganhos no final. Todos os catadores vendiam os materiais para depósitos/sucatas que existiam no próprio centro da cidade.

A relação entre o dono do depósito e o catador merecia uma discussão à parte, pois alguns carrinhos de coleta (geralmente feitos com carcaça de geladeira) eram emprestados pelo dono do depósito para o catador exercer sua atividade. Ao retornar da jornada de trabalho, o catador estava praticamente obrigado a vender o que tinha recolhido para essas pessoas. Essa relação aumentava a dependência do catador em relação ao dono de depósito e reduzia seus lucros.

A maior parte dos catadores entrevistados residia em outros bairros e se deslocava até o centro apenas para exercer suas atividades (56%). Alguns moravam na periferia de Fortaleza e até em municípios da Região Metropolitana, como Maracanaú. Em função da distância, dormiam pelas ruas e praças do centro, e recebiam alimentação doada por pessoas em lanchonetes e restaurantes.

Na visão de 65% dos entrevistados, o maior problema enfrentado no cotidiano era o desrespeito.

Com relação à saúde, do total entrevistado, 64% afirmavam não ter nenhuma doença diagnosticada pelo serviço formal de saúde, mas percebia que o trabalho

trazia danos à saúde, especialmente problemas de pele, infecções, doenças respiratórias e dores no corpo.

A atividade de catação pelas ruas de Fortaleza envolvia diversos riscos e apenas 19% dos entrevistados afirmavam adotar algum cuidado na hora de manusear o lixo que encontrava na rua. Agravava a situação o fato de 90% dos entrevistados não utilizarem nenhum equipamento de proteção individual. Os poucos que afirmavam usar alguma proteção, não estavam fazendo uso no momento da aplicação do questionário. Esse cenário, naturalmente, resultava em cortes e arranhões; narrados por 32% dos entrevistados. Outro aspecto que merecia atenção era que 23% dos entrevistados já tinham sofrido algum acidente de trânsito enquanto coletava materiais pelas ruas, tanto envolvendo ônibus quanto carros de passeio.

A pesquisa permitiu concluir que os catadores que trabalhavam no centro da cidade de Fortaleza possuíam perfil social semelhante ao observado em outras cidades brasileiras, especialmente com relação à desestrutura familiar, baixo nível de escolaridade e renda. Ao longo dos anos, o trabalho de catação se mostrou insuficiente para melhorar suas condições de vida, mesmo que a carga horária habitualmente trabalhada superasse, em muito, a de outras profissões.

O tipo e a quantidade de material recolhido impactavam diretamente na renda dos catadores e a subordinação aos donos de depósito tinha grande poder de influência sobre essa renda.

Os catadores, apesar de serem a base da cadeia de reciclagem, não alcançavam retorno financeiro digno, estavam expostos a diversos tipos de preconceitos, agressões psicológicas e condições insalubres de trabalho.

10

As pesquisas de 2018

Em 2018, as pesquisas trataram dos resíduos da construção civil, das embalagens de agrotóxicos e da saúde dos catadores.

Na construção civil, objetivávamos, com a pesquisa, caracterizar o processo de gerenciamento dos resíduos gerados em uma obra residencial de grande porte do município de Fortaleza.

Primeiramente, entramos em contato com a construtora para que fosse autorizado o estudo da obra. Em seguida, foram realizadas 12 visitas ao canteiro de obras, com registros fotográficos e entrevistas com os responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos, sendo utilizado também um Diário de Campo.

Foram realizadas entrevistas não estruturadas com engenheiros, técnicos em segurança do trabalho e também com o responsável pelo almoxarifado, na busca de informações sobre o comportamento dos operários quanto ao manejo dos resíduos. Além disso, acessamos e analisamos planilhas e documentos utilizados pela construtora para registro das quantidades e tipologia dos resíduos. Também foi realizada uma apresentação para a construtora com dados e informações obtidas com a pesquisa (devolutiva).

A obra objeto de estudo tinha área total construída de 28.291,57m², sendo classificada como residencial e composta por duas torres com 23 pavimentos (incluindo o térreo e o mezanino), entre a Av. Dr. Theberge e Av. Olavo Bilac.

A primeira fase da construção foi a instalação das fundações da obra por meio de estacas, que durou dois meses (agosto e setembro). Durante a etapa foram gerados 4,2m³ de resíduos.

A segunda fase da construção foi a

etapa de instalação das estruturas, com início em outubro e término em junho do ano seguinte, e foram gerados 575,4m³ de resíduos. Nessa fase foram desenvolvidas diversas peças como pilares, vigas, vergas, lajes e o seu escoramento, tendo como principais materiais: areia; cimento; brita (ou concreto pronto); madeira/compenso para formas; e aço para ferragens.

A terceira fase da obra teve início em julho e abrangeu a etapa de revestimento das fachadas e acabamento interno, com geração de 1.065,8m³ de resíduos. Nessa fase, estavam sendo colocados os pisos, forros, louças, metais sanitários, esquadrias etc. Entre os serviços desenvolvidos podemos destacar a passagem da fiação e finalização das instalações elétricas, retoques de azulejos e pisos, colocação de armários, vidros e a pintura. Assim, na obra estudada, a maior geração de resíduos ocorreu nessa fase de acabamento.

Em 15 meses de construção, a obra tinha gerado aproximadamente 1.872,20m³ de resíduos, sendo 797,8m³ de resíduos da Classe B (madeira: 482,8 m³; gesso: 315 m³), 743,4m³ de resíduos da Classe A e 331m³ de resíduos misturados (sem classificação). A relação entre o volume total de resíduos gerados e a área construída (até aquele momento) era de 0,0662 m³/m².

Na obra estudada, o transporte dos resíduos do local de geração até o local destinado ao armazenamento temporário era realizado com carrinhos e elevadores. Havia também tubos condutores de resíduos que encaminhavam os despejos diretamente de cada pavimento para as caçambas estacionárias devidamente sinalizadas quanto ao tipo de resíduo.

Na obra, o acondicionamento era realizado em bombonas, tambores, baias e contêineres; mas algumas bombonas não continham apenas o material para elas especificado, principalmente as que estavam na portaria, já que apresentavam grande diversidade de material misturado. Segundo os responsáveis, essa situação decorria de dois fatores: grande rotatividade de operários e circulação de visitantes. Contudo, informavam que esses resíduos eram segregados e dispostos adequadamente após coleta interna.

Na tentativa de minimizar o consumo de materiais e evitar desperdícios, a construtora tinha um operário dedicado, exclusivamente, ao serviço de corte de tijolos e fixação, com gesso, das caixas de passagem.

A construtora também possuía uma política de integração e treinamento para os seus operários e desenvolvia campanhas e premiações. Um bom exemplo era a ação denominada capacete de ouro, em que na última sexta-feira de cada mês era ofertado um café da manhã especial em cada canteiro de obra. Na ocasião, os trabalhadores mais dedicados realizavam provas sobre a política de qualidade da empresa e cumpriam alguns testes operacionais. O vencedor, por votação dos colegas, tinha direito a um capacete diferenciado (cor dourada) durante um mês e recebia algum prêmio (batedeira, ventilador, sanduicheira, liquidificador), tendo também prioridade na fila do almoço.

A obra também contava com cartazes nas paredes em todos os pavimentos, com orientações de saúde, segurança e meio ambiente. Além disso, conforme descrito no PGRCC da obra, havia um programa de educação ambiental que orientava todos os colaboradores para a importância da redução da geração de resíduos bem como para o gerenciamento adequado do que estava, inevitavelmente, sendo gerado.

A obra, que contava com um programa de coleta seletiva, também separava e acondicionava adequadamente pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes. Sobre as sobras de alimentos, uma parte era

doadas para alimentação de animais e outra era coletada pela Prefeitura, já que o volume era inferior a 100L/dia. Também foi relatada a geração de resíduos de serviços de saúde (cuidados com ferimentos de alguns operários), mas nenhum acidente grave tinha ocorrido desde o início da obra. A coleta desses resíduos era realizada semanalmente ou mensalmente por uma empresa especializada.

Sobre o destino final, o Aterro Sanitário recebeu 88,6% de resíduo da classe C e 47,8% da classe B, a empresa Ceará Pallets recebeu 15,6% do classe B e a USIR (em Itaitinga-CE) recebeu 100% do classe A, 36,6% do classe B e 11,4% do classe C. Durante alguns episódios, os resíduos da Classe B (papel, plástico e metal) estavam sendo recolhidos por catadores que moravam próximo ao canteiro. A empresa também reutilizava uma parte da madeira.

A obra também passava por auditorias internas (com frequência bimestral) e auditorias externas (com frequência anual) em função das certificações ISO 9001 e ISO 14.001, tendo recebido 8,8 como maior nota.

A pesquisa possibilitou observar que o gerenciamento dos resíduos no canteiro de obras caracterizava-se como satisfatório, visto que havia um controle interno da quantidade e tipologia do que era gerado, além de informações sobre o transportador e sua destinação final.

As ações realizadas (preparação do material, palestras, campanhas e premiações) eram importantes formas de orientar os operários, reduzir a geração de resíduos e melhorar o seu gerenciamento. O ponto mais crítico observado foi a existência de resíduos misturados, sendo importante aumentar o controle interno para aprimorar a segregação.

Na pesquisa sobre embalagens de agrotóxicos objetivamos discutir a dimensão social, ambiental e a da saúde do trabalhador.

A primeira etapa envolveu a busca e leitura de arquivos virtuais e impressos sobre o tema principal da pesquisa: agrotóxicos e suas embalagens, e logística reversa.

A segunda etapa envolveu visitas e entrevistas com técnicos das seguintes instituições: Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Ceará (ADAGRI); Secretaria de Meio Ambiente do Estado (SEMA); Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE); Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE); e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

A terceira etapa envolveu o acompanhamento da coleta itinerante de embalagens organizado pelo Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV) em Baturité e ainda nesse momento ocorreram as entrevistas com alguns agricultores.

A quarta etapa envolveu a visita ao Posto de Recebimento de Embalagens Vazias de Agrotóxicos de Ubajara-CE, gerenciado pela Associação do Comércio Agropecuário da Ibiapaba (ACAI), onde houve um contato com técnicos do Posto e também com produtores da região de Tianguá e Ubajara.

Na época da pesquisa, apenas 29 municípios do Ceará (16%) detinham alguma informação oficial sobre suas embalagens de agrotóxicos. Entre 2010 e 2015, o recolhimento itinerante no Ceará tinha alcançado 58.209Kg de embalagens, sendo que nenhum dos municípios registrava informações consecutivas ao longo do período (o mais próximo era Acaraú, com dados em 4 anos consecutivos: de 2012 a 2015).

Observamos que a maior quantidade de embalagens vazias foi recolhida em 2014 (21.464Kg) e, segundo os técnicos entrevistados, vários fatores contribuíram para aquele resultado: aumento do número de fiscalizações; campanhas de orientação sobre a destinação final ambientalmente adequada das embalagens; atuação mais efetiva do INPEV por meio da implantação de postos e centrais de recebimento.

Com relação ao destino final, 15 municípios (52%) enviavam suas embalagens de agrotóxicos para uma central de recebimento existente em Mossoró-RN e os demais para uma unidade em funcionamento em Ubajara. Em termos quantitativos, 36.973Kg de embalagens eram

enviados para o estado do Rio Grande do Norte e 21.236Kg ficavam no estado do Ceará.

Ainda sobre o recolhimento itinerante, o INPEV realizou em Baturité, distante 106Km de Fortaleza, uma ação que alcançou 08 agricultores e um total de 1.200Kg de embalagens vazias (todas transportadas até o Posto de Recebimento de Embalagens de Agrotóxicos de Ubajara-CE, unidade gerida pela ACAI).

Observamos que a maioria das embalagens devolvidas pelos agricultores não passava pelo processo adequado de tríplice lavagem como determina a lei, e apenas uma embalagem estava com o fundo perfurado. Além disso, várias embalagens estavam cortadas, o que podia caracterizar atos de reutilização, muito citada nas falas dos agricultores²⁸. Conforme relato dos fiscais da ADAGRI, os pequenos produtores (em geral) não realizavam tríplice lavagem, sendo um procedimento com maior frequência no grande e médio produtor, que tinham assistência técnica e muitas vezes importavam e exportavam.

Outro tema que surgiu das entrevistas com os agricultores dizia respeito às condições de proteção do trabalhador ao manipular os agrotóxicos. As falas dos entrevistados (durante o recebimento itinerante em Baturité) denunciavam que a prática cotidiana era desprovida de qualquer equipamento de proteção, exceto quando as fazendas eram fiscalizadas. Em alguns casos, alguns agricultores tinham o hábito de usar pelo menos um item (luva ou máscara). Outros reclamavam que o equipamento de proteção gerava incômodo em dias de sol forte.

Sobre a aplicação dos produtos, os depoimentos deixavam claro a importância de o agricultor receber assistência técnica especializada no campo, pois a falta de informação ampliava o risco à saúde, ao alimento e ao meio ambiente. Alguns percebiam o risco da junção agrotóxico/alimento, mas não conseguiam imaginar o modelo atual de agricultura sem o uso dos agrotóxicos.

28. Conforme o artigo 44, inciso V, Decreto 4074/2002 as embalagens rígidas deverão apresentar, de forma indelevel e irremovível, em local de fácil visualização, exceto na tampa: a) o nome da empresa titular do registro; e b) a advertência com a expressão "AGROTÓXICO - NÃO REUTILIZAR ESTA EMBALAGEM".

Na visita técnica ao posto de recebimento de embalagens de Ubajara, distante 348Km de Fortaleza, percebemos que a unidade tinha capacidade para receber 100 toneladas do material por ano e, na época, atendia diretamente os agricultores dos municípios da Serra da Ibiapaba: Carnaubal; Guaraciabado Norte; Ibiapina; São Benedito; Tianguá; e Viçosa do Ceará. A unidade também recebia as embalagens alcançadas nas ações de recolhimento itinerante, como a acompanhada em Baturité.

De Ubajara, as embalagens eram encaminhadas para a Central de Teresina-PI e o transporte acontecia no caminhão próprio do INPEV após solicitação. Ainda de acordo com o técnico, o Posto de Ubajara também oferecia orientação aos trabalhadores.

Observamos que a maioria das embalagens tinha passado pelo devido processo de tríplice lavagem e estava com o fundo perfurado. De acordo com o técnico do Posto, essas embalagens seguiam para reciclagem e as que não passaram por tais processos seguiam para incineração.

Na ocasião, além de visita ao Posto, tivemos a oportunidade de visitar algumas propriedades rurais nos municípios de Ubajara e Tianguá e nelas encontramos embalagens vazias deixadas no campo, trabalhadores sem equipamento de proteção e a aplicação dos agrotóxicos sem respeitar o período de carência.

Com a pesquisa pudemos concluir que a quantidade de informações e dados oficiais sobre a coleta de embalagens vazias de agrotóxicos era insuficiente para se compreender a dimensão do problema no estado do Ceará e enquanto isso todos os riscos inerentes ao tema se ampliavam.

Na época, os dados dos municípios disponibilizados pelos órgãos responsáveis não permitiam conhecer em profundidade a real situação do sistema de logística reversa das embalagens vazias. Além disso, pouco se sabia sobre os procedimentos de tríplice lavagem das embalagens recolhidas pelos municípios que detinham alguma informação.

Sob responsabilidade do INPEV, o Sistema Campo Limpo tinha se revelado como uma iniciativa positiva no que se referia ao retorno das embalagens vazias de agrotóxicos no estado, porém insuficiente diante do consumo total desses produtos.

A falta de instrução do trabalhador, supervisão técnica e fiscalização eram os fatores que mais agravavam a realidade dos agricultores nos locais visitados e denunciavam o não cumprimento da legislação vigente.

A título de exemplo, o recebimento itinerante acompanhado em Baturité era apenas uma amostra de um cenário preocupante, já que as embalagens não passavam pelo adequado processo de lavagem e inutilização.

A situação era menos preocupante para os agricultores mais próximos ao Posto de Ubajara em função de algum apoio de técnico e acesso facilitado para descarte.

Na pesquisa sobre a saúde dos catadores, objetivou-se diagnosticar o perfil epidemiológico dos trabalhadores de 07 associações de Fortaleza: ASCAJAN; BRISAMAR; RAIOS DESOL; RECICLANDO; ROSA VIRGÍNIA; SOCRELP; e VIVA A VIDA.

As visitas às associações permitiram observar as condições de infraestrutura dos imóveis, a qualidade e o estado de conservação dos equipamentos e máquinas, a higiene e organização do ambiente de trabalho, a existência ou não de Equipamento de Proteção Individual (EPI) e de proteção coletiva.

Em cada associação foi possível realizar também registro fotográfico e caracterizar os procedimentos utilizados pelos catadores para movimentação e processamento dos resíduos, ou seja, observar as rotinas relacionadas com transporte, pesagem, trituração, enfiamento, estocagem.

Durante as visitas, foram realizadas entrevistas padronizadas com 40 catadores que aceitaram participar da pesquisa de forma voluntária, utilizando a estratégia autorreferida para obtenção dos dados.

As entrevistas, mesmo que previamente agendadas com os presidentes das associações, ocorreram conforme a situação encontrada em cada local no dia da visita: em algumas associações, os catadores foram entrevistados individualmente em uma sala reservada; em outras, a entrevista ocorreu enquanto o catador realizava a triagem de materiais dentro da associação.

A amostragem, feita por conveniência e não probabilística, envolveu a participação de todos que estavam presentes no dia da coleta de dados. Com o formulário utilizado buscamos, inicialmente, obter algumas informações sociodemográficas (idade, sexo, cor/raça e escolaridade) dos catadores e, de forma mais profunda, investigamos questões relacionadas ao trabalho e ao processo saúde-doença, seguindo orientações da literatura e da própria Política Nacional de Saúde do Trabalhador.

No que diz respeito, especificamente, ao levantamento de informações sobre morbidades osteomusculares autorreferidas, foi utilizado o Questionário Nórdico de Sistemas Osteomusculares (QNSO). Nele, existem índices de severidade dos sintomas para cada região anatômica, variando entre 0 e 4. O índice 0 representa a ausência de sintomas. O índice 1 é atribuído para quem relatou sintomas nos 12 meses precedentes ou nos sete dias precedentes à pesquisa. O índice 2 é usado para relatos de sintomas nos 12 meses e nos sete dias precedentes. O índice 3 é atribuído para relatos de sintomas nos sete dias ou nos 12 meses precedentes e afastamento das atividades. O índice 4 representa os registros de sintomas nos 12 meses e nos sete dias precedentes e afastamento das atividades. Vale ressaltar que a aplicação do formulário não representou um diagnóstico clínico.

As informações levantadas em campo e na literatura foram utilizadas para a elaboração dos materiais didáticos que foram necessários para os encontros de capacitação dos 40 catadores. Nos encontros, também realizamos a distribuição de EPIs e promovemos um mutirão de vacinação para 62 catadores.

Tais iniciativas visavam à melhoria das condições de vida dos catadores, focando a prevenção dos riscos, redução das doenças e promoção de saúde (representavam uma devolutiva da pesquisa).

Com linguagem adequada ao público-alvo, foram discutidos temas relacionados com: a saúde (higiene pessoal, autocuidado, importância da imunização, da realização dos exames de rotina, noções de primeiros socorros); a atividade (considerações sobre a rotina, percepção de riscos, prevenção de acidentes, importância do uso dos equipamentos de proteção, questões relacionadas com a ergonomia); o ambiente de trabalho (importância de ambientes laborais saudáveis, organizados e bem geridos).

Cada associação também recebeu um banner com os resultados gerais do diagnóstico (perfil epidemiológico de todos os entrevistados na pesquisa) e com os resultados específicos (perfil da associação).

Os mutirões de vacinação foram realizados dentro de cada associação para evitar o deslocamento dos catadores do seu ambiente de trabalho e evasão, sendo viabilizados pelos postos de saúde mais próximos de cada associação a partir de um ofício/convite enviado.

As visitas às associações possibilitaram entrevistar 40 catadores, sendo 34 do sexo feminino (85%) e 06 do sexo masculino (15%), perfil oposto ao encontrado na pesquisa com catadores do Centro de Fortaleza-CE (citada no capítulo anterior).

Com relação à idade, os catadores entrevistados tinham entre 22 e 68 anos, confirmando registros na literatura e revelando um grave problema de não inserção dessas pessoas em outras oportunidades do mercado de trabalho formal.

Com relação à cor/raça, 90,0% dos participantes se autodeclaravam pretos e pardos. Cabe destacar que esse índice superou a média nacional, estimada em 66,1%.

O nível de escolaridade que predominou entre os catadores foi o ensino fundamental incompleto com 22 catadores (55%). Esses dados indicam que

a catação é uma atividade desenvolvida por pessoas que, em sua maioria, possuem baixa escolaridade, sendo que o número de analfabetos na pesquisa (12,5%) foi menor que o resultado do perfil nacional (20,5%).

Quanto ao tempo de profissão, os resultados médios variaram entre 6 anos (Associação RAI DE SOL) e 20 anos (ASCAJAN), sendo encontrado na BRISAMAR o catador com maior tempo de atuação: 53 anos dedicados a esse tipo de trabalho. É importante considerar que alguns dos entrevistados iniciaram suas atividades de catação ainda jovens.

Os dados até então levantados já permitiam entender que as iniciativas de coleta seletiva, a emancipação econômica e a inclusão social dos catadores previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos e no Programa Pró-Catador não estavam sendo efetivadas, o que significava uma grave falha no cumprimento dessas políticas públicas no contexto municipal.

Quanto ao uso de EPI, a maioria (22 = 55%) dos catadores afirmava não utilizar. Aqueles que afirmavam fazer uso de algum EPI citavam farda, bota, máscara e luvas, sendo este último, o exemplo de EPI mais utilizado. Cabe destacar que, durante os trabalhos de campo, raras vezes os catadores estavam com algum EPI.

Sobre a rotina de trabalho nas associações visitadas, observamos comportamento similar entre elas, salvo algumas particularidades. Os trabalhos iniciavam pela manhã (07h30min) com o recebimento do material (fosse por doação, compra e/ou coleta nas ruas); em seguida, os resíduos eram separados por tipo (plástico, papel, metal, vidro), cor e forma; depois acondicionados em bags, pesados, prensados e armazenados temporariamente em baias para posterior comercialização, com o fim do expediente às 16h e 30min.

Algumas associações tinham balanças e prensas para beneficiamento inicial dos resíduos, o que representava um aumento na arrecadação financeira da associação e na renda mensal dos associados. De todo modo, 66,7% das

associações visitadas não conseguiam vender os materiais diretamente para as indústrias, tendo que comercializar com os “atravessadores” bem abaixo do preço de mercado. Assim, a renda média mensal líquida dos catadores variava entre R\$ 400,00 e R\$ 1.000,00.

Quanto aos acidentes sofridos durante o desenvolvimento das atividades de catação (dentro ou fora da associação), prevaleceram as quedas (37,5%). Alguns catadores relatavam já ter escorregado em materiais (papeis, plásticos) ou líquidos (óleo) existentes no chão da própria associação ou enquanto andavam pelas ruas com os carrinhos de coleta. Observamos que os catadores das associações RAI DE SOL, BRISAMAR e VIVA A VIDA eram os que mais relatavam queixas.

Na pesquisa, 92,5% dos catadores entrevistados tinham se acidentado com materiais perfurocortantes durante a coleta ou na triagem dos resíduos. O vidro era responsável por 82,5% dos acidentes, seguido dos acidentes com ferro (10,0%) e latas de alumínio (7,5%). É importante ressaltar que, em 66,7% das associações visitadas, nunca ocorreu nenhum tipo de capacitação.

No que diz respeito à parte osteomuscular, observamos uma sintomatologia em mais de uma região do corpo com prevalência da severidade da dor, desconforto e/ou dormência no índice 3, a saber: relatos de sintomas nos sete dias ou nos 12 meses precedentes à pesquisa e afastamento das atividades. Percebemos também que a região dorsal era a mais afetada na opinião de 65,0% dos catadores entrevistados, com prevalência da severidade dos sintomas osteomusculares no índice 2 (42,3% dos relatos). No extremo oposto, os catadores citaram os problemas nos cotovelos (apenas 4 casos = 10,0% dos entrevistados), porém não menos importante em termos da severidade dos sintomas (75,0% dos relatos no índice 3). Percebemos ainda que 40,4% das queixas se concentravam nos membros superiores, 32,7% nos membros inferiores, 15,2% na região dorsal e 11,7% na região lombar.

As dores corporais sentidas pelos trabalhadores eram consequência da forte carga física utilizada e da rotina de serviços relacionadas à catação. Observamos que o trabalho era majoritariamente desempenhado em pé, sem um espaço adequado para livre movimentação do catador, sem a alternância com a posição sentada e sem variações posturais, ou seja, em total desacordo com a Norma Regulamentadora (NR) nº 17.

Cabe ressaltar que uma parte dos problemas osteomusculares relatados surgiam do fato de os catadores entrevistados saírem pelas ruas puxando carrinhos, geralmente feitos com “carcaça” de geladeira, em busca de materiais. A quantidade de material reciclável movimentada por esses trabalhadores também ajudava a entender parte desse quadro clínico: até 6 toneladas de vidro por mês; 6 toneladas de metais; 26 toneladas de papelão; 50 toneladas de plástico; e 60 toneladas de papel.

No que diz respeito às doenças autorreferidas, a dor de cabeça prevaleceu na opinião de 60,0% dos catadores entrevistados. Considerando todas as doenças, observamos que os catadores da Associação RAIO DE SOL foram os que mais relataram queixas (4,8 relatos por catador). Além dos casos descritos, os catadores entrevistados citaram o estresse, uma “aceleração no coração” e dor de ouvido. Destaque especial deve ser dado ao quadro de ansiedade relatado por 35,0% dos entrevistados. Um dos fatores que mais contribuía para a ansiedade era a preocupação com a renda ao final de cada jornada de trabalho.

No que diz respeito às doenças clinicamente diagnosticadas, o grupo das doenças causadas por vermes prevaleceu nos relatos de 30,0% dos catadores. Considerando todas as doenças citadas, a Associação RAIO DE SOL ficava novamente em primeiro lugar, com 3,3 relatos

por catador. Para prevenir algumas doenças e aliviar dores, alguns catadores entrevistados praticavam a automedicação. Havia ainda um grupo que não associava as doenças adquiridas com o trabalho que desenvolviam (05 = 12,5%).

Sobre os encontros de capacitação, alguns catadores se sentiam valorizados e reconhecidos. Outros manifestavam gratidão e alegria por terem recebido um retorno da pesquisa e por terem percebido os benefícios que ela trouxe para a associação. Para outros, os materiais recebidos (especialmente o banner) ajudariam a divulgar e fortalecer a identidade da associação.

Os resultados obtidos possibilitaram concluir que (i) a formalização do trabalho dos catadores sob o nome de uma organização coletiva (associação ou cooperativa) tinha um maior poder de atração sobre as mulheres, enquanto os homens (em conformidade com o exposto e na literatura) preferiam o trabalho individual pelas ruas; (ii) a atividade de catação absorvia e fixava parte da mão de obra de um público marginal ao mercado de trabalho formal; (iii) havia uma notória questão racial no trabalho de catação de resíduos; (iv) a baixa escolaridade ratificava e engessava o cenário vivido pelos catadores; (v) a catação, da forma diagnosticada, não era capaz de promover a ascensão profissional e social, mostrando falhas graves nas políticas públicas; (vi) a cultura da não utilização dos EPIs, mesmo quando disponibilizados, ampliava os fatores de risco e os agravos à saúde em caso de acidentes; (vii) uma parte dos acidentes sofridos durante o desenvolvimento das atividades de catação era perfeitamente evitável com a simples melhoria da higiene do ambiente de trabalho e organização dos resíduos; (viii) todas as partes do corpo (e mais intensamente a região dorsal) eram severamente afetadas pelas condições de trabalho.

11

As pesquisas de 2019

Em 2019, as pesquisas trataram das camadas de cobertura do aterro sanitário, dos teores de umidade e sólidos voláteis nos resíduos, da coleta seletiva e dos gases de aterro.

Com a pesquisa sobre o aterro sanitário, objetivamos determinar parâmetros mecânicos (módulo de deformação e rigidez) do solo empregado nas camadas de cobertura e suas possíveis relações com a estabilidade geotécnica.

O Aterro Sanitário de Caucaia, localizado aproximadamente a 23Km de Fortaleza, entrou em operação no ano de 1991, inicialmente recebendo os resíduos apenas do município de Caucaia, e passou a admitir os resíduos da cidade de Fortaleza em 1998, quando o lixão do Jangurussu foi desativado.

Os materiais coletados e destinados ao aterro eram classificados como não perigosos, como os provenientes de domicílios e da limpeza urbana. Somente no ano de 2019 o aterro realizou a disposição final de 1.726.723,88 toneladas de resíduos.

A área pesquisada compreendeu as zonas S-9 e S-10, totalizando aproximadamente 21.580m² e 8 taludes. As medições foram realizadas no período da manhã, em três campanhas, de julho a setembro do ano de 2019. Cada campanha contemplou a avaliação de um perfil do aterro, totalizando três perfis.

A sequência de medição se deu no sentido ascendente, do talude mais próximo à base do aterro até o talude próximo ao topo. Nos cinco primeiros taludes (partindo da base) os pontos de medição distavam 100m entre si; nos taludes 6, 7 e 8, os pontos distavam 50m, totalizando

24 pontos de estudo. Em cada local, foram extraídas três medições com o GeoGauge, conforme recomendações descritas na literatura.

O Geogauge conta com um agitador eletromecânico que emite 25 frequências com pequenos incrementos de 4Hz, de 100 a 196 Hz. Em função da frequência, o visor do equipamento apresenta a relação sinal/ruído e o desvio padrão. Os sensores de velocidade mensuram força e o histórico do tempo de deflexão do pé enquanto um microprocessador calcula a rigidez para cada uma das frequências, exibindo no monitor a média para as 25 medições e o módulo de deformação. Para que o equipamento determine as propriedades mecânicas, faz-se necessária a inserção do coeficiente de Poisson (adotado 0,40).

Em linhas gerais, os valores do módulo de deformação acompanharam o comportamento (de crescimento ou redução) dos valores da rigidez, confirmando registros encontrados na literatura. Na pesquisa, a rigidez variou entre 2,80 e 9,10 MN/m no perfil 1 (respectivamente 23,96 e 79,33 MPa), entre 1,50 e 8,80 MN/m no perfil 2 (13,41 e 75,83 MPa) e entre 1,90 e 15,10 MN/m no perfil 3 (16,40 e 131,06 MPa), caracterizando grandes diferenças nas condições do solo estudado (na realidade, os solos utilizados no aterro são misturas provenientes das escavações das trincheiras).

Pela ausência de pesquisas com o GeoGauge em aterros sanitários, foi necessário confrontar os resultados obtidos na pesquisa com outros materiais ensaiados. Os resultados do solo se aproximaram de (i) camadas mais profundas de pavimentos rodoviários, ou seja, as

responsáveis por absorver as menores cargas produzidas pelo tráfego; (ii) camadas de sub-base utilizadas na produção de pisos industriais; (iii) um solo colapsível encontrado em um conjunto residencial de Petrolina-PE.

Na pesquisa, a rigidez e o módulo de deformação apresentaram tendência de redução com o alteamento do aterro nos perfis 2 e 3, ou seja, a base do aterro (que era mais antiga) encontrava-se mais estável em comparação ao topo (camadas mais recentes), como esperado. O Perfil 1, que estava localizado mais no centro da face do aterro, não teve esse comportamento, possivelmente por uma maior facilidade de operação.

Os resultados de cada talude (análise horizontal dos dados obtidos) mostravam tendência de queda nos valores dos parâmetros do Perfil 1 ao Perfil 3, ou seja, percorrendo o talude do aterro - do centro para a esquina - havia enfraquecimento da rigidez, exceto para os Taludes 3 e 5, que provavelmente tinham materiais menos elásticos e, portanto, de maior rigidez.

A queda da rigidez na esquina do aterro decorria, provavelmente, da dificuldade de operação nesses locais, exigindo maior habilidade dos operadores para espalhar e compactar resíduos e solos no encontro das laterais. Outro fator que justificava o decréscimo da rigidez era a presença de tubos para a extração de biogás nas esquinas.

Os resultados obtidos na pesquisa possibilitaram concluir: (i) todas as etapas que compõem o ciclo de vida do aterro sanitário (seleção da área, qualidade do projeto, modo de instalação, condições de operação etc) influenciavam no comportamento dos maciços, evidenciando a importância do monitoramento ambiental e geotécnico da obra; (ii) o emprego do GeoGauge sobre a cobertura do aterro sanitário, apesar de incipiente no Brasil, enriqueceu o controle tecnológico sobre o empreendimento e ajudou a diversificar os métodos de monitoramento; (iii) a grande diversidade de solos empregados nas camadas de cobertura do aterro sanitário (provenientes de várias áreas

de escavação) somada às diferentes condições de compactação e espessura justificavam a variabilidade nos resultados dos parâmetros mecânicos investigados; (iv) os parâmetros mecânicos do solo de cobertura eram semelhantes aos encontrados em solos estruturais de outros empreendimentos, abrindo a possibilidade para se pensar em alternativas de reuso da área para instalação de atividades de baixa carga; (v) os parâmetros mecânicos do solo se comportaram de forma diferente quando analisados sob a perspectiva horizontal e vertical da face do aterro, com tendência de redução do centro para a lateral e da base para o topo, denunciando a esquina e o platô como áreas críticas e demandantes de maiores cuidados operacionais.

A pesquisa sobre os teores de umidade e de sólidos voláteis foi realizada com resíduos sólidos recém-aterrados no novo Aterro Sanitário de Caucaia, que começou a operar em dezembro de 2019 e que durante os trabalhos de campo, estava com 12 metros de altura na primeira célula de aterramento.

Diferentemente da área antiga, o novo aterro sanitário foi instalado com manta de polietileno de alta densidade para impermeabilizar o fundo das células, tratamento dos lixiviados por lagoas de estabilização e osmose reversa, drenagem para gases totalmente interligada com a planta da GNR Fortaleza (que beneficia o metano e injeta diretamente na rede da Companhia de Gás do Ceará - CEGAS).

Seguindo um cronograma de disponibilidade dos técnicos do aterro sanitário, os trabalhos de campo foram realizados em 04 campanhas: 1ª em abril; 2ª em maio; 3ª em junho e 4ª em julho. Em cada campanha foram realizadas escavações em 04 pontos do platô com uma retroescavadeira e, em cada ponto, foram coletadas 02 amostras de resíduos aterrados a 4,0m de profundidade, totalizando 32 amostras.

Os teores de umidade e de sólidos voláteis foram determinados no Laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), da Universidade Federal do

Ceará (UFC). Para a umidade, 32 amostras de 10g ficaram na estufa durante 48 horas a 60°C (período necessário para estabilização da massa nas pesagens). A determinação do teor de sólidos voláteis foi executada com amostras previamente secas na estufa; assim 32 amostras de 5g ficaram durante 3 horas na mufla ajustada a 550°C.

De modo paralelo ao trabalho de campo, foram levantados dados pluviométricos do site da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME) dos postos de monitoramento mais próximos à área estudada: Caucaia e Sítios Novos.

Durante a 1ª campanha (abril), os teores de umidade variaram entre 38,56 (Ponto 3) e 50,73% (Ponto 2). A média das 08 amostras resultou em 44,94% de umidade. Já os teores de sólidos voláteis, variaram entre 37,24 (Ponto 1) e 60,97% (Ponto 2). A média das 08 amostras resultou em 47,32% de sólidos voláteis. Naquele mês, conforme dados da FUNCEME, choveu 74,5mm (média dos Postos Caucaia e Sítios Novos). A equação da linha de regressão linear e o coeficiente de correlação mostraram baixa relação entre os dois parâmetros: $y = 0,987x + 2,9601$, $R^2 = 0,2409$.

Durante a 2ª campanha (maio), os teores de umidade variaram entre 53,51 (Ponto 8) e 64,02% (Ponto 7). A média das 08 amostras resultou em 59,66% de umidade. Já os teores de sólidos voláteis variaram entre 60,24 (Ponto 8) e 84,53% (Ponto 6). A média das 08 amostras resultou em 73,51% de sólidos voláteis. Naquele mês choveu 146,9mm. A equação da linha de regressão linear e o coeficiente de correlação mostraram baixa relação entre os parâmetros: $y = 1,1566x + 4,5012$, $R^2 = 0,2616$.

Durante a 3ª campanha (junho), os teores de umidade variaram entre 51,04 (Ponto 12) e 61,85% (Ponto 11). A média das 08 amostras resultou em 55,84% de umidade. Já os teores de sólidos voláteis variaram entre 91,34 (Ponto 12) e 95,44% (Ponto 9). A média das 08 amostras resultou em 93,10% de sólidos voláteis. Naquele mês choveu 10,7mm. A equação da linha de

regressão linear e o coeficiente de correlação mostraram baixa relação entre os parâmetros: $y = 0,1076x + 87,095$, $R^2 = 0,0812$.

Durante a 4ª campanha (julho de 2021), os teores de umidade variaram entre 31,27 (Ponto 13) e 66,90% (Ponto 15). A média das 08 amostras resultou em 51,09% de umidade. Já os teores de sólidos voláteis variaram entre 24,36 (Ponto 13) e 79,38% (Ponto 15). A média das 08 amostras resultou em 59,16% de sólidos voláteis. Naquele mês choveu 37,1mm. A equação da linha de regressão linear e o coeficiente de correlação mostraram alta relação entre os parâmetros: $y = 1,1947x - 1,8725$, $R^2 = 0,7045$.

Durante o trabalho de campo, as diferenças nos teores de umidade foram visualmente percebidas: em alguns pontos, os materiais retirados das escavações tinham o aspecto seco enquanto em outros pareciam bem mais úmidos.

Com a pesquisa também foi verificada certa relação entre os dados da FUNCEME e a umidade dos resíduos, especialmente na segunda campanha, quando foram observados os maiores índices pluviométricos (146,9mm) e os maiores teores de umidade (média 59,66%). Esse acréscimo de água pluvial também ajudou a elevar os resultados da umidade na 3ª e 4ª campanhas, mas de forma mais suave e não imediata.

Sabemos que parte das chuvas que se precipitam sobre um aterro sanitário escorre e evapora; outra parte será assimilada pelos solos de cobertura (que geralmente passam a maior parte do ano secos) e só uma pequena porção das águas infiltrará a ponto de encontrar os resíduos e alterar seu teor de umidade.

Em uma outra pesquisa que realizamos no Aterro Sanitário de Caucaia, percebemos aumento da umidade com a profundidade do aterro, possivelmente porque as camadas superficiais possuem trocas com o ambiente externo e porque os líquidos tendem a descer, gerando acúmulo nas camadas mais profundas do maciço.

Os sólidos voláteis podem ser

considerados um indicador de degradabilidade dos resíduos ao longo do tempo. Os resultados obtidos na pesquisa estiveram próximos dos alcançados em duas pesquisas realizadas em Jaboatão dos Guararapes (PE), mostrando, inclusive, a presença de resíduos novos, ou seja, com estágio de decomposição bem inicial. Os teores de sólidos voláteis variaram com a profundidade do aterro sanitário: foram menores nas maiores profundidades.

O coeficiente de variação dos sólidos voláteis (26%) foi maior que o da umidade (15%) e, embora não seja uma correlação alta ($R^2 = 0,5066$), foi maior que a obtida em uma pesquisa realizada em um Aterro Sanitário de Pernambuco. É importante lembrar que, enquanto os sólidos voláteis estão associados, quase que isoladamente, à presença e qualidade dos componentes orgânicos, a umidade depende do resíduo e de contribuições externas.

Com a pesquisa, concluímos que os teores de umidade e sólidos voláteis, a uma profundidade de 4,0m, demonstravam a presença de resíduos novos e com alto potencial para degradação; houve certa relação entre os dados pluviométricos e a umidade dos resíduos (mesmo que de forma não imediata), confirmando o apresentado na literatura; foi verificada certa relação diretamente proporcional entre os parâmetros: quando um aumentava, o outro acompanhava esse comportamento.

A pesquisa sobre coleta seletiva teve o objetivo de avaliar, historicamente, o comportamento (de aumento ou redução) de alguns indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), tomando como referência os dados do período compreendido entre 2011 e 2020.

Na época da pesquisa, o SNIS estava vinculado ao Governo Federal, especificamente ao Ministério das Cidades, sendo um banco de dados sobre operações, gestão, finanças e qualidade dos serviços de água, esgoto e de destinação de resíduos sólidos dos municípios brasileiros.

Na publicação intitulada Diagnóstico

do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, a coleta seletiva era anualmente avaliada e de lá foram extraídos 08 indicadores para análise na pesquisa, a saber: IN 030: Taxa de cobertura do serviço de coleta seletiva porta a porta em relação à população urbana do município (%); IN 031: Taxa de recuperação de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à quantidade total de resíduos sólidos urbanos coletada (%); IN 032: Massa recuperada per capita de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à população urbana (Kg/hab/ano); IN 034: Incidência de papel e papelão no total de material recuperado (%); IN 035: Incidência de plásticos no total de material recuperado (%); IN 038: Incidência de metais no total de material recuperado (%); IN 039: Incidência de vidros no total de material recuperado (%); IN 053: Taxa de material recolhido pela coleta seletiva em relação à quantidade total coletada de resíduos domésticos (%).

Para classificar o comportamento de um indicador ao longo do período analisado, consideramos o coeficiente angular (positivo ou negativo) da equação da reta da regressão linear e para subclassificar a intensidade desse comportamento, consideramos o R^2 da seguinte forma: $R^2 < 0,5$ (pouco significativo), $R^2 = 0,5$ (significativo) e $R^2 > 0,5$ (muito significativo).

Observamos que houve crescimento na Taxa de cobertura do serviço de coleta seletiva porta a porta em relação à população urbana do município (IN 030) ao longo do período analisado (coeficiente angular da reta positivo) e, mais intensamente, a partir de 2013, mostrando expansão desse importante serviço público, mesmo que ainda distante da universalização.

Considerando o R^2 obtido (0,5025) e os critérios de classificação adotados na pesquisa, o indicador cresceu de modo muito significativo. Também houve crescimento do indicador após a publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, provavelmente pelas exigências e/ou benefícios aos municípios.

Apesar dos bons percentuais é importante mencionar que a modalidade de coleta seletiva porta a porta possui como principal desvantagem os custos operacionais, por isso notamos que diversos municípios, para viabilizar a sua aplicação, passaram a utilizar esta modalidade em conjunto com outra, geralmente com a modalidade PEV/Ecopontos.

O segundo indicador avaliado (IN 031: Taxa de recuperação de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à quantidade total de resíduos sólidos urbanos coletada (%)) também cresceu ao longo do período analisado (coeficiente angular positivo), mas de modo não significativo ($R^2 < 0,5$), mostrando baixa eficiência das iniciativas municipais de coleta seletiva. Um dos motivos para isso, provavelmente, decorreu da baixa participação da população em separar os materiais. Em geral, baixa divulgação, fracasso em alguma experiência anterior e irregularidade na frequência de coleta ocasionam irritação, desconfiança e baixa adesão da população. Assim, o poder público, para manter a população permanentemente mobilizada, deve realizar campanhas de sensibilização e de educação ambiental após a implantação da coleta seletiva.

O terceiro indicador avaliado (IN 032: Massa recuperada per capita de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à população urbana (Kg/hab/ano)) cresceu ao longo do período analisado (coeficiente angular positivo), mas de modo não significativo ($R^2 < 0,5$); na realidade, esse indicador quase estagnou.

A ausência de uma lei municipal sobre coleta seletiva, que deveria ser a realidade da maioria dos municípios brasileiros na época da pesquisa, certamente prejudicava esse indicador. Além disso, conforme o próprio SNIS, a maioria dos municípios não pratica, rotineiramente, a pesagem dos resíduos provenientes da coleta seletiva. Eles não possuem balanças rodoviárias e não controlam a distribuição das cargas de recicláveis enviadas a diversos galpões de triagem ou mesmo o varejo com que se trabalha

normalmente. A seleção de materiais que não possuem cadeia de comercialização pode ter influenciado negativamente no indicador. O comportamento desse indicador é influenciado ainda pela não participação dos municípios mais populosos enquanto os municípios de pequeno porte têm papel de destaque e mostram uma maior eficácia na recuperação de recicláveis.

A partir de uma análise por macrorregiões, notamos que a macrorregião Sul sempre teve papel de destaque, com resultados bem acima da média nacional. Seu indicador médio em 2018 chegou a 13,9 Kg/habitante/ano, quase alcançando o dobro do resultado nacional de 7,6 Kg/habitante/ano. As regiões Norte e Nordeste possuem uma considerável dificuldade de logística para a destinação dos recicláveis para as recicladoras, promovendo baixos resultados, que em 2018, foram de 4,6 e 6,5 Kg/habitante/ano, respectivamente. Além disso, vale destacar que, de forma semelhante ao indicador anterior, os municípios com maior porte populacional não estavam cumprindo seu papel.

O quarto indicador avaliado (IN 034: Incidência de papel e papelão no total de material recuperado (%)) cresceu ao longo do período analisado (coeficiente angular positivo), mas de modo não significativo ($R^2 < 0,5$).

O Brasil está entre os maiores produtores de papel do mundo, não sendo difícil encontrar a parcela de papel e papelão predominando entre os recicláveis que compõem os resíduos sólidos urbanos. Em geral, o segmento vem apresentando preocupação com o pós-consumo, atuando na economia circular, investindo em educação para o melhor descarte e no desenvolvimento da cadeia de reciclagem. O papel reciclado pode ser utilizado na produção de caixas de papelão, sacolas, embalagens e bandejas, papel higiênico, cadernos e livros, material de escritório, envelopes, entre outros.

Para o processo de reciclagem, a logística reversa é muito importante, uma vez que facilita o retorno dos materiais

pós-consumo para que sirvam de matéria-prima nos centros de produção. A logística reversa das embalagens de papel/papelão é relativamente simples comparada a outros tipos de materiais, uma vez que não necessita de cuidados especiais para o armazenamento e manuseio do material.

O quinto indicador (IN 035: Incidência de plásticos no total de material recuperado - %) reduziu ao longo do período analisado (coeficiente angular negativo), mas de modo não significativo ($R^2 < 0,5$). A alta competitividade do setor e a estabilidade nos baixos custos das resinas virgens, durante o período estudado, podem ter influenciado o comportamento do indicador em questão.

Em geral, a maioria dos artigos plásticos vendidos, especialmente as embalagens e outros bens não-duráveis, torna-se resíduo em menos de um ano, ou, no pior cenário, após um único uso, inclusive, vem crescendo o debate e o combate às embalagens de uso único.

O plástico é um dos materiais mais valorizados entre os recicláveis, chegando a representar até 66% do faturamento dos catadores, mesmo representando apenas 29% da quantidade recuperada. Por outro lado, a qualidade das resinas geradas é preponderante para sua valorização e depende em grande parte de processos eficientes de coleta e triagem dos materiais.

O sexto indicador (IN 038: Incidência de metais no total de material recuperado - %) aumentou ao longo do período analisado (coeficiente angular positivo), mas de modo não significativo ($R^2 < 0,5$). Os metais, não pela quantidade, mas por sua composição tornam-se notórios no cenário brasileiro em virtude do potencial econômico. Os metais são classificados em ferrosos e não ferrosos. Entre os não ferrosos se destacam o alumínio, o cobre e suas ligas (latão e bronze), o chumbo, o níquel e o zinco. Embora seja maior o interesse na reciclagem de metais não ferrosos, devido ao maior valor de sua sucata, é muito grande a procura pela sucata de ferro e de aço.

O Brasil vem mantendo a liderança mundial nas atividades de reciclagem do segmento de latas de alumínio para envase de bebidas. O alumínio, mesmo tendo uma representatividade pequena em quantidade, ganha proporção por sua valorização de mercado. Nacionalmente, o preço do alumínio e de outros metais são mais elevados que outros materiais. Com apenas 1% da quantidade comercializada, o alumínio representa, em média, 4% do faturamento das organizações.

O sétimo indicador (IN 039: Incidência de vidros no total de material recuperado - %) aumentou ao longo do período analisado (coeficiente angular positivo), mas de modo não significativo ($R^2 < 0,5$).

O vidro possui o menor preço dentre todos os materiais abordados, sendo comercializado em média, por R\$ 0,15/Kg e, por mais que a literatura afirme que ele pode ser reciclado infinitas vezes sem perda de propriedades, há a necessidade da retirada de impurezas passíveis de contaminar o vidro a ser produzido, como rótulos e tampas de embalagens. Além disso, outros fatores limitam as taxas de reciclagem do material: o custo com o transporte e os riscos com seu manuseio.

Pelo fato de o vidro ser um material não-poroso que resiste a temperaturas de até 150°C (vidro comum) sem perda de suas propriedades físicas e químicas, muitas embalagens são reutilizadas várias vezes para a mesma finalidade. A possibilidade de poder lavar e esterilizar embalagens de vidro, com alto grau de segurança, tornou a utilização de embalagens retornáveis de vidro bastante difundida.

O último indicador avaliado (IN 053: Taxa de material recolhido pela coleta seletiva em relação à quantidade total coletada de resíduos domésticos - %) reduziu ao longo do período analisado (coeficiente angular negativo), mas de modo não significativo ($R^2 < 0,5$). Em outras palavras, provavelmente, a população vem separando cada vez menos ou a geração de resíduo domiciliar cresceu tanto que diminuiu a importância da coleta seletiva, ou seja, o denominador ficou maior. Pode ainda existir um outro

motivo: o custo da coleta seletiva vem aumentando a ponto de paralisar sua expansão. Além do fator econômico, como já comentado em momento anterior, este indicador provavelmente também é influenciado pela baixa aderência da população às iniciativas de coleta seletiva.

Com a pesquisa foi possível concluir que, tomando como referência os dados do SNIS do período compreendido entre 2011 e 2020, a coleta seletiva no país aumentou (conforme o comportamento positivo de 06 indicadores), mas de forma não significativa ($R^2 < 0,5$), ou seja, sem o ritmo necessário. Provavelmente, alguns fatores contribuíram para esse quadro, a exemplo da baixa adesão da população, falta de campanhas publicitárias e de recursos financeiros por parte das prefeituras, significando que grandes volumes de recicláveis ainda estão sendo desperdiçados e lançados em lixões e aterros sanitários.

Na pesquisa sobre os gases de aterro objetivamos avaliar a influência das alterações na pressão de bombeamento (sucção) sobre a qualidade e a vazão (m^3/h) dos gases do Aterro Sanitário de Caucaia.

O Aterro Sanitário de Caucaia fica na Região Metropolitana de Fortaleza, distante da capital 30Km, pela BR-222 ou pela BR-020. Na época, o aterro recebia 5 mil toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) por dia e encontrava-se em fase final de operação.

Os poços horizontais monitorados alcançavam resíduos mais novos (≤ 05 anos, provavelmente) enquanto os poços verticais perfuravam resíduos de diferentes camadas e idades.

No aterro sanitário há um conjunto de poços interligados a um sistema de bombeamento/sucção, alcançando até $8.000m^3$ de gás por hora. Segundo a equipe da GNR Fortaleza (empresa responsável pela planta de aproveitamento do metano) os poços horizontais possuem 60 metros de comprimento e são de PEAD de 160mm de diâmetro. Já os poços verticais possuem altura variável (entre 28 e 32m).

As campanhas de campo duraram 11 meses e compreenderam o monitoramento

de 06 poços pertencentes à Lateral E do aterro sanitário (que tinha uma área de 9,3 hectares e altura média de 60m em relação ao nível do mar), sendo 02 poços verticais de PEAD, 02 poços verticais de concreto e 02 poços horizontais de PEAD. O monitoramento totalizou 12 campanhas de campo com intervalo de tempo mínimo de 15 dias. A distância entre os Poços Perfurados (PPs) foi de 55m, entre os Poços Verticais (PVs) foi de 73m e entre os Poços Horizontais (PHs) foi de 35m.

Cada poço possuía um cabeçote com três saídas do tipo “engate rápido”, que foram interligadas ao Leitor de Gás GEM5000. Para leitura das concentrações de metano (%), oxigênio (%), dióxido de carbono (%), outros gases (%), temperatura ($^{\circ}C$), pressão (mb) e o fluxo de gases (m^3/h) foi realizado inicialmente a calibração do GEM5000 e conexão do equipamento ao cabeçote do poço.

O princípio de detecção do metano e do gás carbônico é baseado na capacidade de que esses gases têm de absorver radiação eletromagnética na faixa do infravermelho. Já a detecção do oxigênio é feita mediante célula eletroquímica interna. O equipamento era capaz de realizar medições de 0 a 100% (% em volume) de CH_4 e CO_2 , com precisão típica de $\pm 0,3\%$ para concentrações até 5%, de $\pm 1\%$ para concentrações entre 5 e 15% e de $\pm 3\%$ para concentrações maiores que 15%. Para o oxigênio, a faixa de leitura varia entre 0 e 25% com uma precisão de $\pm 1\%$.

Em cada poço, foram realizados ajustes e testes na pressão de sucção para determinar as melhores condições de captação de metano (m^3/h) sob quatro diferentes situações: com a válvula do cabeçote 25% aberta, 50, 75 e 100%. A leitura da concentração ocorreu durante 120 segundos em cada uma das quatro posições da válvula e, entre as leituras, foi realizada uma “purga” de 15 segundos no equipamento para limpeza, conforme metodologia aplicada na literatura.

No PP1, a pressão média variou entre -2,06 e -4,94mb. As maiores variações na pressão ocorreram com a válvula 100% aberta (desvio padrão: 1,77). Os gases

captados por esse poço apresentaram entre 56,45 e 57,64% de CH_4 , 39,01 e 39,86% de CO_2 , 3,08 e 3,39% de outros gases (OG) e entre 0,26 e 0,31% de O_2 . A temperatura média variou entre 47,94 e 50,92°C.

A concentração de três componentes (CO_2 , OG e O_2) aumentou com a elevação da pressão de bombeamento, enquanto a concentração de CH_4 diminuiu (ou seja, houve uma piora na qualidade).

No PP2, a pressão média variou entre -2,18 e -5,06mb. As maiores variações na pressão ocorreram com a válvula 100% aberta (desvio padrão: 1,47). Os gases captados por esse poço apresentaram entre 58,27 e 58,66% de CH_4 , 38,88 e 38,93% de CO_2 , 2,15 e 2,56% de OG e entre 0,27 e 0,30% de O_2 . A temperatura média variou entre 42,77 e 43,90°C.

A concentração de dois componentes (OG e O_2) aumentou com a elevação da pressão de bombeamento, enquanto a concentração de CH_4 e CO_2 diminuiu.

No PV1, a pressão média variou entre -1,60 e -4,51mb. As maiores variações na pressão ocorreram com a válvula 100% aberta (desvio padrão: 2,06). Os gases captados por esse poço apresentaram entre 56,90 e 57,12% de CH_4 , 38,38 e 39,37% de CO_2 , 3,42 e 4,08% de OG e entre 0,32 e 0,42% de O_2 .

A concentração de três componentes (CH_4 , OG e O_2) aumentou com a elevação da pressão de bombeamento, enquanto a concentração de CO_2 diminuiu.

No PV2, a pressão média variou entre -1,80 e -4,49mb. As maiores variações na pressão ocorreram com a válvula 75% aberta (desvio padrão: 1,63). Os gases captados por esse poço apresentaram entre 57,44 e 57,85% de CH_4 , 37,36 e 38,08% de CO_2 , 4,19 e 4,53% de OG e entre 0,29 e 0,33% de O_2 . A temperatura média variou entre 46,06 e 46,45°C.

A concentração de três componentes (CH_4 , OG e O_2) aumentou com a elevação da pressão de bombeamento, enquanto a concentração de CO_2 diminuiu (esse comportamento geral foi semelhante ao PV1).

No PH1, a pressão média variou entre -1,45 e -3,74mb. As maiores variações na pressão ocorreram com a válvula 50%

aberta (desvio padrão: 1,46). Os gases captados por esse poço apresentaram entre 56,82 e 57,26% de CH_4 , 37,89 e 38,07% de CO_2 , 4,29 e 4,47% de OG e entre 0,56 e 0,65% de O_2 . A temperatura média variou entre 53,20 e 53,85°C.

A concentração de três componentes (CO_2 , OG e O_2) aumentou com a elevação da pressão de bombeamento, enquanto a concentração de CH_4 diminuiu.

No PH2, a pressão média variou entre -1,39 e -3,71mb. As maiores variações na pressão ocorreram com a válvula 100% aberta (desvio padrão: 1,39). Os gases captados por esse poço apresentaram entre 56,45 e 57,05% de CH_4 , 37,58 e 37,85% de CO_2 , 4,72 e 4,79% de OG e entre 0,65 e 0,91% de O_2 . A temperatura média variou entre 54,96 e 55,36°C.

A concentração de três componentes (CO_2 , OG e O_2) aumentou com a elevação da pressão de bombeamento, enquanto a concentração de CH_4 diminuiu.

Na pesquisa, a predominância da concentração do CH_4 sobre os demais gases (em todos os poços monitorados) indicou a presença da fase metanogênica na área estudada.

Alguns fatores devem ter contribuído para resultados parecidos entre os poços monitorados: a possível semelhança na composição dos resíduos e no tempo de aterramento, já que os poços monitorados estavam em uma mesma lateral do aterro sanitário e seus resíduos, provavelmente, passaram pela mesma sequência de degradação. Além disso, a proximidade entre os poços limitou a heterogeneidade nos resultados de alguma forma.

Em quatro poços monitorados (PP1, PP2, PH1, PH2), a concentração de CH_4 diminuiu com a elevação da pressão de bombeamento; já no PV1 e PV2 ocorreu uma relação direta entre a concentração de CH_4 e a pressão.

Na pesquisa, o fluxo de gás variou entre 27,05 e 74,60 m^3/h (média global: 52,94 m^3/h), aumentando em todos os poços com a elevação da pressão de bombeamento (como esperado para poços em perfeito funcionamento). Verificamos também que a eficiência da coleta dos gases variou ao longo do monitoramento.

No PP1 o fluxo de gás variou entre 33,1 e 65,7 m³/h e no PP2 variou de 36,5 a 53,2 m³/h. No PV1 o fluxo variou entre 37,2 e 68,9 m³/h e no PV2 variou de 34,1 a 59,3 m³/h. Já o PH1 teve a sua vazão variada entre 35,3 e 63,8 m³/h e o PH2 entre 20,5 e 38,8 m³/h. Em geral, grandes vazões são geralmente bombeadas em zonas nominalmente saturadas do aterro, onde há degradação contínua de resíduos na área de influência do poço.

Em quatro poços (PP1, PP2, PH1, PH2), a concentração média geral de CH₄ diminuiu com o fim das chuvas (redução: 2,30/0,77/1,61/1,53%, respectivamente). Em outros dois poços (PV1, PV2) as concentrações de CH₄ aumentaram (3,55/1,77%, respectivamente). Na literatura, relata-se que as emissões de CH₄ são maiores em condições molhadas, mas quando os resíduos estiverem bem estabilizados, o impacto da precipitação diminuirá.

A redução da pluviometria em alguns meses do período monitorado contribuiu para o aumento da temperatura dos resíduos e dos gases captados em todos os poços e mais intensamente no PH1 e PH2; pela proximidade com a camada de cobertura final e trocas com a atmosfera.

Na literatura é sugerida uma relação diretamente proporcional entre a temperatura e a concentração do CH₄. Na pesquisa, essa relação ocorreu em quatro poços (PP1, PP2, PH1, PH2), ou seja, onde houve menor concentração do gás CH₄, houve menor temperatura. Na pesquisa, todos os poços monitorados seriam classificados como termófilos (considerando apenas a média geral da temperatura), exceto o PP2.

As temperaturas observadas nos poços horizontais foram até 11,6°C maiores que as dos poços verticais (como esperado), pela proximidade dos resíduos com o ambiente externo e como efeito da entrada de ar e oxidação. Além disso, os poços verticais monitorados possuem maior chance de estarem envolvidos por maiores volumes de lixiviados, que reduzem a temperatura do maciço e dos gases.

Em todos os poços, aumentou a presença de outros gases/contaminantes e O₂ com a elevação da pressão, reduzindo a qualidade do gás de aterro captado, prejudicando o sistema de aproveitamento

e denunciando a necessidade de cuidadosos ajustes na abertura da válvula do cabeçote de cada poço. Vale salientar que o CO₂ também aumentou em três poços (PP1, PH1, PH2) com a elevação da pressão de bombeamento.

As concentrações de O₂ nos poços monitorados variaram entre 0,26 e 0,65%, sendo consideradas baixas e adequadas. Na literatura, baixos teores de O₂ indicam alta compactação dos resíduos, presença da fase anaeróbia e um bom sistema de isolamento da camada de cobertura com relação à atmosfera.

O monitoramento realizado no aterro sanitário estudado permitiu, de certo modo, prever a melhor condição de funcionamento para cada poço, sugerindo-se melhorias na eficiência de coleta do metano com redução de contaminantes.

A área pesquisada apresentou características de resíduos na fase metanogênica de degradação, sendo adequada, em termos energéticos, a decisão pela instalação da estrutura de captação e da planta de aproveitamento dos gases.

O comportamento apresentado nas concentrações dos gases nos poços PP1, PP2, PH1 e PH2 seguiu uma mesma tendência, ou seja, com a elevação da pressão, houve a diminuição da concentração de CH₄ e aumento da concentração de CO₂, OG e O₂. Já os poços PV1 e PV2 tiveram comportamento inverso.

Cada poço teve uma particular condição de operação; entretanto, considerando a maior concentração de metano e menor presença de contaminantes, foi possível concluir que a abertura de 25% (pressão entre -1,39 e -2,18mb) foi a ideal para otimização da captação.

A concentração média geral de CH₄ diminuiu com o fim das chuvas, mostrando a influência da presença ou ausência de água dentro do aterro para a geração desse gás. Além disso, a redução da pluviometria contribuiu para o aumento da temperatura dos resíduos e dos gases captados em todos os poços.

Por fim, a elevação da pressão de bombeamento influenciou no aumento da vazão captada, mas prejudicou a qualidade do que foi captado.

12

As pesquisas de 2020

Em 2020, as pesquisas trataram das cinzas da incineração, dos resíduos de serviços de saúde, das camadas de cobertura do aterro sanitário e da logística reversa.

Na primeira pesquisa, objetivamos determinar as características físicas e químicas das cinzas de fundo provenientes da incineração de Resíduos Sólidos Perigosos em Fortaleza.

As cinzas analisadas foram obtidas na queima de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) e Resíduos Sólidos Perigosos (RSP) praticada no incinerador existente no Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos (CTRP) do bairro Jangurussu, em Fortaleza/CE.

Inaugurado em 2001, o incinerador de Fortaleza, inicialmente, foi terceirizado para a empresa Contenur do Brasil. Desde 2002, a empresa Marquise é a responsável pela operação do equipamento.

A planta incineradora, de tecnologia alemã, é do tipo leito fluidizado e possui duas câmaras (de 900 e 1000°C). De modo geral, os resíduos são submetidos à queima na câmara primária e os gases resultantes desse processo são tratados na câmara secundária. Embora o equipamento possua uma capacidade térmica entre 850 e 1200°C, com vistas a uma eficiência ótima, é mantida constantemente a temperatura de 1000°C, nas duas câmaras.

Ao chegaram no equipamento, os resíduos são recebidos, pesados, direcionados ao fosso e levados às câmaras de combustão. Ao final, as cinzas de fundo são arrastadas por esteiras e depositadas em um contêiner. Na época da pesquisa, uma parte das cinzas era encaminhada

ao Aterro Sanitário de Caucaia e outra parte era misturada com outros resíduos perigosos e reinserida na câmara. Informações da época apontavam para o tratamento de 09 toneladas/dia.

Com auxílio de um profissional do CTRP, devidamente paramentado com Equipamentos de Proteção Individual (EPI), foram coletados 15,31Kg de cinzas, que posteriormente foram encaminhadas ao Laboratório de Mecânica dos Solos, do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental e Laboratório de Raios-X, ambos da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza.

No ato da coleta, observamos que o material apresentava características heterogêneas, com presença de lâminas metálicas, ampolas de medicamentos, fragmentos de gesso, entre outros. Quantitativamente, parte considerável dos resíduos incinerados provinha dos hospitais da rede estadual e municipal pública e privada; postos de saúde; Unidades de Pronto Atendimento (UPA); e de estabelecimentos particulares voltados para a saúde humana e a animal (clínicas veterinárias).

Inicialmente, como pré-tratamento, uma parcela do material foi disposta sobre uma bancada com fins de retirada de frações para determinação de umidade natural e o restante foi transferido para uma bandeja de ferro arredondada. Posteriormente, a amostra da bandeja passou pelo processo de secagem ao ar livre durante 24h; depois pelo procedimento de destorroamento, aliado ao processo de catação. Ao final, a amostra foi dividida em quatro partes e duas partes opostas foram excluídas. As partes que restaram foram misturadas novamente

e foi realizado um novo quarteamento de onde saiu a amostra final analisada.

Realizamos ensaios do teor de umidade natural (4 amostras), granulometria (4 amostras), compactação proctor normal (4 amostras) e análise multielementar (1 amostra), com base na medida das intensidades dos raios X característicos emitidos pelos elementos químicos componentes da amostra, por meio do ensaio de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X.

O teor de umidade das amostras variou entre 2,14% e 51,75%. Em geral, o teor de umidade decorre do uso da água utilizada para interromper a combustão dos materiais. Acreditamos que a grande variação se deveu à forma de coleta da amostra, visto que as cinzas das amostras 1 e 4 foram coletadas dentro de um contêiner, que por sua vez estava exposto às interferências de sol e vento, tornando-as previamente secas; as amostras 2 e 3 foram coletadas diretamente do fundo do incinerador, por meio da raspagem, conferindo-lhes maior quantidade de água.

A análise granulométrica, média das quatro amostras, apresentou 20,8% de material semelhante aos pedregulhos, 24,8% semelhante à areia grossa, 23,0% (areia média), 13,6% (areia fina), 17,8% de siltes/argilas, ou seja, 61,40% do material tinha característica de uma areia.

Os ensaios de Proctor Normal apontaram para uma massa específica aparente seca máxima de 1,809g/cm³ e 21,67% de umidade ótima.

A composição química elementar, realizada por meio da Espectrometria de Fluorescência de Raios-X, permitiu constatar a presença majoritária de Óxido de Cálcio (57,41%), Óxido de Ferro (16,43%) e Dióxido de Titânio (7,88%). A presença do Cálcio tinha relação com os resíduos provenientes dos serviços de engessamento realizado nos hospitais, enquanto a presença do dióxido de titânio podia ter relação com materiais metálicos incinerados.

A pesquisa ajudou a compreender as

características das cinzas do incinerador, abrindo possibilidades para estudos voltados a sua reutilização. Do ponto de vista físico, as cinzas tinham características parecidas com as areias e, do ponto de vista químico, apontavam grande quantidade de Cálcio.

A pesquisa sobre os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) teve por objetivo diagnosticar o nível de implementação do Decreto Federal 10.388/2020 em Fortaleza-CE, tomando como referência a realidade observada em drogarias e farmácias do município.

A pesquisa se classificou como aplicada, exploratória, de campo e quantitativa. Após revisão de literatura e consulta ao Decreto Federal 10.388, foi elaborado um questionário com sete perguntas: cinco direcionadas aos responsáveis pelos estabelecimentos e duas direcionadas a clientes.

O trabalho de campo alcançou 40 farmácias e drogarias, escolhidas aleatoriamente, e localizadas em 16 bairros de Fortaleza-CE. Participaram da pesquisa 25 clientes que estavam nos estabelecimentos no momento das visitas.

Os responsáveis por 35 estabelecimentos (87,5%) sabiam da obrigatoriedade da disponibilização interna de recipientes para descarte de Medicamentos Domiciliares Vencidos ou em Desuso – MDVD por parte da população. Observamos que 21 estabelecimentos (52,5%) cumpriam essa exigência e algumas farmácias apontavam inviabilidade de instalação em todas as lojas da rede, preferindo manter dispensadores contentores apenas nas lojas centrais (matriz).

O decreto destacava a importância das campanhas de orientação à população para o sucesso da logística reversa dos MDVD. Observamos que 17 estabelecimentos (42,5%) realizavam alguma campanha. Curiosamente, alguns estabelecimentos que tinham os dispensadores contentores não passavam nenhuma orientação aos clientes.

Na tentativa de alcançar uma visão

mais ampla sobre o tema dos RSS nos estabelecimentos buscamos saber quantos possuíam Plano de Gerenciamento aprovado pela Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA). Das 40 unidades visitadas, 33 (82,5%) possuíam, 06 não souberam afirmar e 01 não possuía.

Na ocasião das visitas, entrevistamos 25 clientes. Apenas 5 (20%) tinham o hábito de devolver os MDVD para as farmácias; 2 (8%) afirmavam ter recebido alguma orientação dos estabelecimentos; e 2 (8%) não devolviam mesmo tendo sido orientado.

A pesquisa foi uma oportunidade de discutir o quanto o crescimento do consumo de medicamentos trazia consigo o aumento das preocupações com o descarte dos resíduos, já que o gerenciamento sem os devidos cuidados poderia refletir sobre a saúde da população e sobre a qualidade do meio ambiente.

As farmácias e drogarias, apesar de detentoras de um plano de resíduos aprovado pelos órgãos competentes, precisavam se adaptar ao Decreto Federal 10.388/2020, incorporando em sua rotina os MDVD provenientes dos clientes.

Com a pesquisa, mesmo aplicada a uma pequena amostra de farmácias e drogarias da cidade, conseguimos mostrar o quanto era necessário avançar no setor de logística reversa de MDVD, pois o nível de implementação do decreto, quase dois anos após sua publicação nacional, era muito baixo.

Os resultados também denunciavam outros dois cenários: a falta de fiscalização por parte dos órgãos competentes; e a falta de conhecimento/mobilização por parte da população. Enquanto isso, estimávamos que a maior parte do MDVD gerada na cidade estava sendo (i) armazenada nas residências ou (ii) colocada para coleta pública como se fosse resíduo comum, chegando assim ao aterro sanitário.

A pesquisa sobre as camadas de cobertura do aterro sanitário foi uma expansão da iniciativa citada no capítulo anterior, sendo que agora foi escolhida outra lateral do Aterro Sanitário de Caucaia. O

objetivo foi determinar o comportamento da rigidez do solo e suas relações com a estabilidade geotécnica das camadas.

Na época da pesquisa, 46% (em massa) do que chegava ao aterro tinham origem domiciliar, 17% eram provenientes dos pontos de lixo cadastrados no sistema de monitoramento da Prefeitura, 14% eram de resíduo da atividade de capina, 11% eram de resíduo da construção e demolição provenientes de pequenos geradores, 7% eram classificados como resíduos de particulares (provenientes de empresas em geral), 3% eram resíduos de poda (submetidos à trituração para fabricação de briquetes) e 2% eram resíduos de varrição.

Em termos de composição gravimétrica, 34,20% eram resíduos classificados como orgânicos (especialmente restos de alimentos), 39,20% eram passíveis de reciclagem e 26,60% eram rejeitos (fraldas usadas, areia etc).

O trabalho de campo abrangeu uma área de 929m² e 125m de perímetro. Foi composta por 02 bermas e 01 talude. Nela, foram analisados 09 pontos e em cada ponto foram extraídas 03 medições para obtenção de uma média.

A rigidez do solo da camada de cobertura foi medida com um equipamento chamado GeoGauge, que permite um ensaio não destrutivo em comparação a outros ensaios comumente realizados no dimensionamento mecânico-empírico do solo.

O GeoGauge é um equipamento eletromecânico e portátil, que *in situ* traduz a rigidez de camadas compactadas de solo ou agregados. O equipamento pesa cerca de 10Kg e tem forma cilíndrica, com 0,280m de diâmetro e 0,254m de altura. O seu apoio sobre a superfície do terreno é feito a partir de uma base anelar metálica. O contato entre a base e superfície deve ser de no mínimo 60% para evitar erros nas leituras.

Durante o ensaio, a força aplicada (F) e o respectivo deslocamento (δ) são medidos para 25 diferentes frequências de vibração. Como resultado do ensaio, o

equipamento fornece o valor médio da rigidez (conforme a seguinte equação: $k = F / \delta$) medidos para cada frequência e cada ensaio tem uma duração aproximada de 1,5 minutos.

Os valores da rigidez foram maiores nas bermas que no talude, indicando - em primeira análise - uma maior e menor compactação do solo, respectivamente. A própria inclinação do talude e as dificuldades para sua execução (dentro da atribulada rotina de um aterro sanitário) ajudam a entender seus resultados. Além disso, são as bermas que sofrem constante compactação devido ao tráfego de veículos e máquinas pesadas que buscam acessar a frente de operação (setor de descarga) do aterro sanitário, justificando seus valores maiores.

Para valores de rigidez abaixo de 10 MN/m (medidas com o GeoGauge) uma parte de literatura classifica a compactação do solo como fracamente rígida (nessa pesquisa 05 pontos teriam esse conceito); valores de rigidez acima de 10 MN/m até 12,96 MN/m classificam a compactação como rígida (04 pontos dessa pesquisa). Nenhum ponto da área estudada foi classificado como altamente rígido, acima de 14,82 MN/m.

Observamos que os resultados do módulo de deformação também foram menores no talude da área estudada e as variações observadas tinham alguma associação com a sensibilidade do equipamento ao teor de umidade e grau de compactação das camadas ensaiadas.

Na berma inferior e no talude, a rigidez foi menor no ponto central, indicando a ausência de cuidados no fechamento das escavações realizadas pelo operacional do aterro quando da instalação de drenos de captação forçada de gás (na realidade, observamos que para evitar danos aos tubos de PEAD, pouca ou nenhuma compactação tinha sido realizada sobre o local).

Na literatura, áreas com grande concentração de gases aumentam a instabilidade do solo, diminuem sua rigidez e também o fator de segurança referente à estabilidade do talude. Áreas muito deterioradas e com materiais de baixa

qualidade também apontam para baixa rigidez. O aumento dos teores de água também implica na diminuição da rigidez do solo.

A rigidez de um solo de aterro sanitário também pode ser correlacionada com a presença ou ausência de fissuras/trincas. Geralmente, a rigidez diminui com o crescimento do fissuramento. As fissuras podem constituir caminhos preferenciais à percolação da água da chuva e gases resultantes da biodegradação, aumentando a instabilidade da área.

Os resultados possibilitaram concluir que a rigidez dos solos da camada de cobertura da área estudada, diferentemente de registros na literatura, teve significativa variabilidade em curtas distâncias, o que denunciava a heterogeneidade dos materiais empregados e a necessidade de mais atenção em termos de monitoramento geotécnico.

Aparentemente, havia na área estudada a presença de uma camada de cobertura mais instável que estável, pois predominavam os solos com compactação classificada como fracamente rígida, sendo que os resultados alcançados no talude tiveram grande influência sobre essa classificação. Isso também denunciava a importância de um maior controle operacional durante a formação desses taludes.

Em linhas gerais, os baixos valores da rigidez poderiam ser consequência da utilização de materiais de baixa qualidade e/ou montagem de uma camada de cobertura com espessura inferior ao normatizado (0,60 m), o que comprometeria o desempenho - a longo prazo - da cobertura do aterro sanitário quanto a sua capacidade de suporte e estabilidade.

Percebemos que o GeoGauge era viável e adequado para a medição *in situ* da rigidez dos solos utilizados na camada de cobertura do aterro sanitário em questão, sendo um equipamento que, ao mesmo tempo, poderia aumentar o controle tecnológico sobre o empreendimento e possibilitar novas linhas de investigação para a engenharia civil no estado do Ceará.

O GeoGauge, associado com outros métodos de monitoramento, poderia ajudar no desenvolvimento de estudos mais precisos sobre a definição do Fator de Segurança dos aterros sanitários, que por sua vez dependia de vários fatores (pressões no interior da massa de resíduos decorrentes da compactação, sobrecarga das camadas sobrejacentes, infiltração de águas pluviais e geração de lixiviado e gases).

Alguns parâmetros - mesmo que não determinados na pesquisa - pareciam ter forte influência sobre a rigidez do solo de cobertura do aterro sanitário, dentre os quais as propriedades físicas, químicas e biológicas dos resíduos, o tipo de solo, histórico das tensões.

Na época, ficou como sugestão desenvolver uma pesquisa que permitisse avaliar os resultados do GeoGauge sob variações na densidade e umidade dos solos empregados nas coberturas dos aterros sanitários e outra que permitisse avaliar a influência do acréscimo de outros materiais (cinzas de incineradores ou siderúrgicas, por exemplo) sobre a rigidez do solo da camada de cobertura dos aterros sanitários.

Com a pesquisa sobre logística reversa, objetivamos sistematizar dados e informações sobre a temática das embalagens vazias de agrotóxicos em complemento à pesquisa citada no Capítulo 10.

No Brasil, o processo de recebimento itinerante de embalagens de agrotóxicos iniciou-se em 2002 com o Sistema Campo Limpo do Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV) em locais temporários divulgados com antecedência pelos meios de comunicação.

No estado do Ceará, o recebimento itinerante começou a partir da divulgação de calendários no site do órgão agropecuário do estado (ADAGRI) e através de anúncios em meios de comunicação com as datas, horário e local das coletas.

O projeto começou a contabilizar o recolhimento de embalagens em 2010, mas segundo o coordenador de operações do

INPEV, foi em 2012 que o projeto ganhou um caráter mais intenso.

Entre 2010 e 2016, o recolhimento de embalagens vazias de agrotóxicos no estado contabilizou um total de 75.512 kg, mas apenas 32 municípios cearenses (17% do total) declaravam informações sobre o assunto.

O ano de 2014 foi o que registrou maior recolhimento de embalagens vazias (21.464 kg) em função da: intensificação das fiscalizações pelos órgãos pertinentes; trabalhos educativos de conscientização sobre o descarte adequado de embalagens; e aumento das coletas itinerantes no estado.

Dados levantados na época apontavam que a coleta itinerante de embalagens no estado do Ceará atendia mais agricultores que o Posto de Ubajara ou a Central de Mossoró, mas recolhia menos embalagens.

O recebimento itinerante era mais cômodo ao pequeno agricultor por evitar seu deslocamento para outro município e ainda havia a possibilidade de contemplar o município mais de uma vez no ano. Isso ajudava a entender a sua maior capilaridade entre os agricultores, mas por ser uma modalidade pensada para atender o pequeno agricultor, o recebimento itinerante acabava somando uma menor quantidade de embalagens em relação às demais modalidades de recolhimento (Posto e Central).

As três modalidades de recebimento somaram 204.650 kg de embalagens vazias de agrotóxicos entre os anos 2013 e 2016, sendo que uma parte foi enviada para a Central de Mossoró, no Rio Grande do Norte. O restante das embalagens (do Posto de Ubajara e da coleta itinerante) foi compactado e endereçado à Central de Teresina (PI).

A majoritária participação do envio de embalagens para Mossoró era explicada por sua proximidade com o polo de produção irrigada do Baixo Jaguaribe, que somava 15 municípios e 28 mil hectares irrigados. Outro ponto a considerar é que, segundo o INPEV, a região Jaguaribana já

contava com um posto de recebimento de embalagens vazias desde 2015, no município de Quixeré-CE, sendo este inaugurado em agosto de 2017 e com operação em vigor desde então.

Para aprimorar os recebimentos itinerantes das embalagens vazias de agrotóxicos, o INPEV promovia encontros de capacitação com produtores rurais do Ceará em parceria com a SEMA, o Ministério Público, ACASA, FETRAECE e ACAI. O trabalho tinha como objetivo divulgar boas práticas aos agricultores quanto ao correto manuseio de embalagens vazias e sobre o uso correto de EPIs.

Através da pesquisa também foi possível realizar entrevistas com pequenos agricultores de Baturité e promover momentos de capacitação. Participaram voluntariamente dessas atividades 35 agricultores, entre homens e mulheres.

No que diz respeito às entrevistas, buscamos inicialmente saber quantos agricultores faziam uso de agrotóxicos. Dos 35 agricultores presentes nos encontros, 17 (48,6%) afirmavam trabalhar com esses produtos, o que representava uma situação bastante crítica porque todos estavam expostos desde a infância.

O segundo quesito investigado buscou saber em quais culturas os agrotóxicos vinham sendo aplicados. Entre os que aplicavam tais produtos, todos responderam usar sobre a cultura do milho e do feijão, sendo tal aplicação feita de forma manual.

Na visão dos agricultores, a aplicação dos produtos substituiu a capina e combatia as pragas das lavouras. Os entrevistados afirmavam não ter recebido nenhuma informação técnica sobre o uso dos produtos e isso ajudava a entender porque 11 agricultores (65%) nunca utilizavam EPI durante a aplicação.

Dos agricultores que utilizavam agrotóxicos, 15 (88%) afirmavam não ter adquirido nenhuma doença ou sentido algum sintoma após a aplicação do produto; somente 02 agricultores confirmavam sentir bastante dor de cabeça após a aplicação.

O terceiro quesito buscou saber sobre o destino das embalagens. Os agricultores (71%) afirmavam nunca ter recebido orientação sobre esse assunto. Os demais (29%) já haviam recebido algum tipo de informação, porém faziam o descarte incorreto. Em linhas gerais, as embalagens estavam ficando no próprio campo; após a aplicação do produto, eram queimadas ou mesmo descartadas no lixo doméstico.

Os 35 agricultores entrevistados apontavam para a necessidade de mais acesso a informações sobre o assunto, mais capacitações sobre os cuidados com o uso de agrotóxicos e mais amparo dos órgãos do governo.

Na pesquisa também foram contempladas algumas lojas revendedoras de agrotóxicos em funcionamento na cidade de Fortaleza para saber em que medida esses estabelecimentos orientavam seus clientes sobre a devolução das embalagens vazias

Nas oito empresas visitadas afirmavam que a orientação ao cliente era transmitida verbalmente e que a própria nota fiscal destacava os locais de devolução. Afirmavam que também orientavam os clientes a realizar a tríplice lavagem. Em todas as empresas, os receiptuários agrônômicos eram assinados por um profissional da área. Nesses documentos, seguiam informações acerca do uso de EPIs e também sobre o descarte correto de embalagens vazias.

Entre as oito empresas visitadas, apenas uma recebia embalagens vazias. Nela, havia controle da quantidade de embalagens vendida e devolvida, com emissão de comprovante de devolução.

Observamos ainda que nenhuma empresa participava de programas educativos do poder público e que todas só recebiam fiscalização uma vez por ano, quando da renovação do registro no órgão ambiental estadual.

Os resultados obtidos na pesquisa possibilitaram concluir: além de recentes, eram insuficientes, no Ceará, as iniciativas de recolhimento das embalagens

vazias de agrotóxicos; o Sistema Campo Limpo (do INPEV) precisava ser mais bem divulgado para ampliar sua abrangência no território cearense; os quantitativos obtidos pelo programa demonstravam quão difícil e degradante era a realidade vivenciada no Ceará em relação à logística reversa das embalagens vazias de agrotóxicos.

Concluimos ainda que era fundamental intensificar a fiscalização e os trabalhos educativos no campo para aumentar a adesão dos agricultores ao sistema de logística reversa e reduzir riscos.

A ausência de uma série histórica de recolhimento impossibilitava avaliar

tendências no Ceará e o pequeno agricultor precisava ser mais bem servido de opções de descarte das embalagens.

Os postos de recebimento de embalagens existentes no Ceará (Ubajara e Quixeré) encontravam-se subutilizados e, enquanto isso, era prática comum e incorreta, entre os agricultores, a reutilização das embalagens vazias de agrotóxicos.

Entre os participantes de um sistema de logística reversa de embalagens de agrotóxicos, os comerciantes entrevistados foram os que mais se aproximaram do ideal previsto na lei.



13

As pesquisas de 2021

Na pesquisa mais importante de 2021 objetivamos caracterizar, do ponto de vista físico, os solos de cobertura e os resíduos sólidos urbanos (recém-coletados e aterrados) do Aterro Sanitário Caucaia.

Durante os trabalhos de campo, a disposição final dos resíduos sólidos coletados em Fortaleza estava em transição: uma área em encerramento (chamada na pesquisa de ÁREA 1) e outra sendo iniciada (ÁREA 2).

Apesar de contíguas, as áreas comportavam aterros sanitários com tecnologias bem diferentes: a ÁREA 2 contava com impermeabilização de fundo de geomembrana de PEAD, pós-tratamento dos lixiviados com uma planta de osmose reversa, e implantação da rede de aproveitamento do gás metano desde a fundação de cada célula; a ÁREA 1 utilizou apenas o solo local na impermeabilização de fundo, seus lixiviados eram tratados em lagoas de estabilização e há pouco tempo vinha sendo perfurada para instalação dos poços de gás adequados ao aproveitamento.

Na pesquisa determinamos o volume e a tipologia dos resíduos sólidos recebidos na última década de operação do aterro sanitário; sua composição gravimétrica; geração *per capita*; massa específica aparente úmida; teores de umidade; e sólidos voláteis. Com as amostras do solo foram determinadas a granulometria, compactação e coeficiente de permeabilidade à água (*in situ* e em laboratório) da camada de cobertura.

Entre 2012 e 2021, o Aterro Sanitário recebeu 20.596.497,00 toneladas de resíduos sólidos, ficando o maior quantitativo

registrado em 2014 (10,8% do total) e o menor em 2017 (7,9%). A média geral de recebimento apontou para 5.642,87 toneladas por dia. Ao longo do período analisado, os resíduos provenientes da coleta domiciliar de Fortaleza-CE representaram 32,6% do acumulado, seguidos pelos resíduos das coletas especiais realizadas nos “pontos de lixo” (26,4%).

As amostras de resíduos provenientes dos veículos compactadores apresentaram entre 46,7 e 46,9% de materiais do Grupo 1 (restos de alimentos, papel, papelão, podas e resíduos de jardim), entre 29,3 e 31,6% de materiais do Grupo 3 (entulho e demais itens não classificados anteriormente) e entre 21,5 e 24,0% de materiais do Grupo 2 (vidros, plásticos e metais).

A média geral da geração *per capita*, na década, apontou para 1,80 Kg/habitante.dia, ficando o maior registro para o ano de 2014 (2,16 Kg/habitante.dia de RSU) e o menor para o ano de 2017 (1,55 Kg/habitante.dia de RSU). Analisando o município de Fortaleza, isoladamente, o valor foi 1,80 Kg/habitante.dia (média da década), sendo 0,64 Kg/habitante.dia de Resíduo Sólido Domiciliar (RSD). Historicamente, a geração *per capita* na capital diminuiu.

A massa específica aparente úmida dos resíduos analisados variou entre 123,75 e 295,42 Kg/m³ (média das 24 amostras: 228,11 Kg/m³). Os maiores valores médios foram registrados nos resíduos provenientes dos veículos compactadores (259,84 Kg/m³) em relação aos resíduos das carretas e caçambas.

Os solos da camada de cobertura da ÁREA 2 apresentaram menor permeabilidade à água que os solos da ÁREA 1,

considerando todas as amostras analisadas sob o método da carga variável. Os resultados das amostras da ÁREA 2, carga variável, variaram entre $5,8 \times 10^{-8}$ a $3,1 \times 10^{-5}$ cm/s enquanto os resultados da ÁREA 1 apresentaram permeabilidade à água entre $4,9 \times 10^{-4}$ a $1,0 \times 10^{-3}$ cm/s.

Pelo método dos anéis concêntricos, as diferenças entre os valores das permeabilidades das áreas foram menores; na realidade, apenas uma amostra da ÁREA 1 teve ordem de grandeza menor, ou seja, a medição *in situ* confirmou o observado nos ensaios de permeabilidade de carga variável (permeabilidade da ÁREA 2 menor que permeabilidade da ÁREA 1). Ademais, todos os resultados estavam dentro do previsto na literatura, resguardadas as particularidades de cada aterro sanitário e época.

Os resultados obtidos estiveram também dentro dos limites de grandeza previstos na NBR 13.896/1997 (10^{-6} cm/s) e pela EPA (2016), 10^{-7} cm/s. O melhor resultado da pesquisa (10^{-8} cm/s) pode ter alguma relação com reações químicas/cimentação entre partículas no solo de cobertura, como também apontou uma pesquisa no Aterro de Altinho (PE).

Os resultados da granulometria ajudaram a justificar parte das diferenças na permeabilidade, pois na ÁREA 2 os solos apresentaram maiores teores de silte e argila (entre 27,00 e 35,00%) que os solos da ÁREA 1 (entre 19,00 e 25,00%), justificando sua menor permeabilidade à água. Os demais componentes (pedregulho, areia grossa, média e fina) comprovaram a presença de solos bem graduados nas duas áreas, possibilitando classificar as amostras como areias silto-argilosas.

Os resultados dos ensaios de compactação Proctor Normal ratificaram as diferenças entre as áreas, pois a ÁREA 2 apresentou solos com massa específica aparente seca máxima superior à observada na ÁREA 1, bem como umidade ótima inferior.

Os teores de umidade nas amostras dos resíduos domiciliares recém-coletados e despejados na frente de transbordo variaram entre 60,35% e 67,96%. A

média das 04 amostras ficou em 64,51% de umidade. Já os teores de sólidos voláteis variaram entre 73,09% e 85,54% (média das 04 amostras: 79,41%).

Em linhas gerais, foi observada baixa afinidade entre os resultados desses dois parâmetros ($y = 0,0574x + 75,708$, $R^2 = 0,0012$), provavelmente porque os sólidos voláteis dependem, quase isoladamente, da presença e qualidade dos componentes orgânicos, enquanto a umidade depende do resíduo e de contribuições externas.

Os teores de umidade nas amostras dos resíduos aterrados na ÁREA 1 cresceram com a profundidade, indicando a manifestação de dois fenômenos principais: perda parcial de umidade nas camadas mais superficiais do maciço - em função das trocas com o ambiente externo - e possível acúmulo de líquidos nas camadas mais profundas do maciço. Na mesma área, os teores de sólidos voláteis diminuíram com a profundidade, mostrando a estratigrafia vertical da degradação dos resíduos. A literatura especializada mostra que, no decorrer do tempo, os teores de sólidos voláteis tendem a diminuir. Nos dois pontos, houve uma boa relação indiretamente proporcional entre os dois parâmetros, ou seja, quando a umidade aumentou com a profundidade, os sólidos voláteis diminuíram.

Os teores de umidade nas amostras dos resíduos aterrados na ÁREA 2, a aproximadamente 4 metros de profundidade, variaram entre 31,27% e 66,90%. A média dos 16 pontos da Área 2 foi 52,88%. Já os teores de sólidos voláteis variaram entre 24,36% e 95,44% (média das 16 amostras: 68,28%). Considerando apenas os pontos a 4m de profundidade da ÁREA 2, os resíduos aterrados, em média, apresentaram 11,63% menos umidade e 11,14% menos sólidos voláteis que os resíduos domiciliares recém-chegados ao aterro em função do início do processo de degradação física, química e biológica típica dos maciços de resíduos. Em profundidade, a umidade aumentou e os sólidos voláteis diminuíram, semelhante ao observado na ÁREA 1.

O período de chuvas, que em 2021 se concentrou entre os meses de fevereiro e maio, teve um efeito positivo sobre a umidade dos resíduos, mas não imediato, pois do volume de chuva que cai sobre o aterro, uma parte evapora, outra escorre e uma outra infiltra até saturar a camada de cobertura. Somente após isso, essa água alcança a massa de resíduos, onde uma parcela será consumida nos processos biológicos, outra alterará a umidade dos resíduos e o excedente constituirá os lixiviados.

A expressiva quantidade e diversidade de materiais recebidos pelo Aterro Sanitário, na última década, apontava para a necessidade de elaboração e cumprimento de programas de monitoramento geotécnico e ambiental, além de planos que avaliassem os riscos inerentes ao tipo de empreendimento e que permitissem ações emergenciais em casos de eventos indesejados (rompimento do maciço, vazamento lixiviado e emissão descontrolada de gases).

Os resíduos sólidos recebidos pelo aterro apresentaram maiores porcentagens de materiais facilmente degradáveis, o que sinalizava para a continuidade do processo de digestão anaeróbia durante e após a vida útil do aterro,

ocasionando a produção de lixiviado, gases, calor e recalques no maciço.

Os ensaios de infiltração *in situ* e os de permeabilidade de carga variável se mostraram práticos e adequados para avaliação das camadas de cobertura do aterro sanitário. Considerando apenas a permeabilidade, em linhas gerais, os solos da ÁREA 2 (aterro novo) foram classificados como mais adequados que os solos da ÁREA 1 (aterro velho), para utilização nas camadas de cobertura.

Com base nos teores de umidade e sólidos voláteis da ÁREA 1, percebemos resíduos em estágio avançado de decomposição, o que indicava um material praticamente estabilizado. Na ÁREA 2, os altos teores de umidade e sólidos voláteis, somados à boa relação da pluviosidade com a umidade interna do maciço, revelavam alto potencial de geração de biogás.

Essa foi uma das primeiras pesquisas no novo aterro sanitário, e seus resultados ajudam a compreender o processo de degradação dos resíduos e o comportamento da camada de cobertura, servindo de base para novos estudos, melhorias na eficiência dos processos de operação do aterro, coleta e tratamento de lixiviados e gases.



14

As pesquisas de 2022

A pesquisa mais importante de 2022 foi uma ampliação da iniciativa citada no Capítulo 12 e objetivamos avaliar a capacidade das cinzas provenientes da incineração de Resíduos Sólidos Perigosos (RSP) como elemento de filtração de lixiviados de aterros sanitários.

A pesquisa foi desenvolvida em 05 grandes etapas: coleta das amostras de cinzas da incineração de RSP e dos lixiviados do novo Aterro Sanitário de Caucaia; caracterização física e química das amostras de cinzas e lixiviados em laboratório; montagem do experimento piloto (colunas de filtração); alimentação do sistema com lixiviado bruto; análise laboratorial dos lixiviados pré e pós passagem nas colunas de filtração.

As amostras das cinzas foram coletadas no incinerador de resíduos existente no Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos (CTRP), no bairro Jangurussu, em Fortaleza-CE. As amostras de lixiviado foram obtidas na 2ª lagoa de estabilização do novo Aterro Sanitário de Caucaia.

Após caracterização física e química das cinzas, conforme detalhado no Capítulo 12, realizou-se a montagem dos filtros. Foram montadas 6 colunas de filtração com tubos de PVC de 10 cm de diâmetro e 50 cm de altura. Na parte inferior do tubo foi instalada uma tampa (cap) de PVC devidamente furada para permitir a saída do lixiviado passante. Dentro do tubo foi utilizada cinza bruta sem os materiais grosseiros (catados). Foram colocadas 03 camadas de 4 cm de material dentro do tubo e sobre cada camada aplicou-se a compactação com energia do Proctor Normal, 26 golpes. Também foram colocadas britas lavadas, com granulometria entre 9,5 e 12,5 mm, como camada drenante (sob e sobre os meios filtrantes) e tela de nylon (10 cm de diâmetro e abertura 1,11 mm). Assim, o experimento ficou com 2 colunas de filtração com 100% de areia (com granulometria entre 0,6 e 1,18 mm), 2 colunas com 50% de areia e 50% de cinza (cinza da quinta amostra) e 2 colunas com 100% de cinza (cinza da quinta amostra).

O lixiviado bruto foi coletado na 2ª lagoa de estabilização do novo Aterro

Sanitário de Caucaia. Uma amostra (2L) foi enviada para análise no mesmo dia da coleta enquanto cada filtro recebia outros 2L do lixiviado. O filtrado foi recolhido após 24h do abastecimento dos filtros e também encaminhados ao laboratório para análise.

No laboratório no Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC) foram determinados os parâmetros cloreto, cor aparente, Demanda Química de Oxigênio - DQO, fósforo, materiais sedimentáveis, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, óleos e graxas, pH, sólidos dissolvidos, sulfato, sulfeto e turbidez, tanto para amostra bruta do lixiviado, como para a amostra passante em cada filtro (F1, F2 e F3). Os filtros foram alimentados em 02 campanhas.

Durante o monitoramento, foram obtidos 83 resultados dos 14 parâmetros, sendo que 51 (61,4% dos resultados) comprovaram redução na concentração dos parâmetros enquanto 32 resultados (38,6%) comprovaram aumento na concentração. Observamos que o Filtro 3 (100% de cinzas) foi o mais eficiente, com 19 registros de redução (70,3% dos resultados) e 8 resultados que indicavam elevação (29,7%).

O filtro de areia (F1) teve capacidade de reduzir a concentração de 7 parâmetros do lixiviado na primeira campanha (50,0% do total de parâmetros analisados) e de 8 parâmetros (57,1%) na segunda campanha. Nas duas campanhas houve redução na concentração de 5 parâmetros (DQO, nitrito, amônia, óleos e graxas, turbidez). A maior taxa de redução ocorreu com o nitrito (85,0% na primeira campanha e 88,0% na segunda campanha).

O filtro de areia+cinzas (F2) teve capacidade de reduzir a concentração de 8 parâmetros do lixiviado na primeira campanha (57,1% do total de parâmetros analisados) e de 9 parâmetros (64,2%) na segunda campanha. Nas duas campanhas houve redução

na concentração de 8 parâmetros (cor aparente, fósforo, nitrato, nitrito, amônia, óleos e graxas, sulfeto, turbidez). A maior taxa de redução ocorreu com o nitrito nas duas campanhas (88,0%).

O filtro de cinzas (F3) teve capacidade de reduzir a concentração de 9 parâmetros do lixiviado nas duas campanhas (64,2% do total de parâmetros analisados). Nas duas campanhas houve redução na concentração de 8 parâmetros (cor aparente, fósforo, DQO, nitrato, nitrito, amônia, óleos e graxas, sulfeto, turbidez). A maior taxa de redução ocorreu com o nitrito na primeira campanha (88,0%) e com óleos e graxas na segunda campanha (92,0%).

Na pesquisa, houve elevação do pH do lixiviado após filtração (de 8,31 até 8,93) sendo mais acentuada no F3 (100% cinzas) provavelmente pela presença do Óxido de Cálcio nas cinzas, tornando o lixiviado mais alcalino.

No experimento piloto, houve elevação do cloreto no lixiviado tratado, sendo esta elevação mais acentuada no F3 (100% cinzas), possivelmente em decorrência de algum residual de cloro do processo de desinfecção realizado no incinerador, sendo mais evidente nas amostras apenas com cinzas.

Os três filtros removeram a concentração da cor aparente, em especial o F3 (100% cinzas), alcançando 25,32% de redução. A remoção desse parâmetro físico (organoléptico) é de grande relevância.

Entre os filtros, o F2 (areia + cinzas) teve o melhor comportamento para redução do fósforo: reduziu a concentração nas duas campanhas (74,32 e 86,49% respectivamente).

Entre os filtros, o F1 (100% areia) e o F3 (100% cinzas) tiveram as melhores eficiências na remoção da DQO: até 48,3% e 47,88%, respectivamente. Provavelmente, os resultados com as cinzas não foram melhores em função da sua própria composição química.

Os resultados obtidos demonstraram uma elevação média de 50% nos sólidos sedimentáveis em todos os filtros, com exceção para o F3 (na 1ª coleta não sofreu alteração). Provavelmente, o lixiviado gerou uma desagregação dos elementos filtrantes utilizados, aumentando a presença de partículas soltas. Sobre os sólidos dissolvidos, melhor desempenho de remoção observado: F1 (100% areia), primeira coleta (13,66%).

Quanto ao nitrato, o melhor desempenho na remoção desse parâmetro foi: F3 (100% cinzas) e primeira coleta (21,21%). Já o nitrito foi bem removido nos três filtros em estudo, sendo o maior alcance obtido para o F3 (100% cinzas): 88,03 e 89,44% nas duas campanhas.

Todos os filtros removeram amônia do lixiviado, principalmente no F2 (areia + cinza): 19,09%. Houve acentuada redução também dos óleos e graxas em todos os filtros estudados, porém o F3 (100% cinzas) apresentou os melhores resultados: 84,66% para a coleta 1 e 92,02% para a coleta 2.

A concentração de sulfato foi elevada nos três filtros estudados, com maior percentual de elevação observada na coleta 2 do F3 (272,26%). Já o sulfeto foi removido nos filtros F2 e F3 (52,92% na coleta 1 do F2 e 44,58% na coleta 2 do F3).

Por fim, os três filtros apresentaram eficiência na redução da turbidez, tendo sido o maior alcance observado no F3 (100% cinzas), coleta 2 (45,68%).

Com a pesquisa, ainda em desenvolvimento, buscamos avaliar a capacidade das cinzas provenientes da incineração de Resíduos Sólidos Perigosos (RSP) como elemento de filtração de lixiviados de aterros sanitários e, até o momento, foi demonstrado o Filtro 3 (100% de cinzas) como o mais eficiente no quesito redução da concentração dos parâmetros.

A determinação em laboratório das características físicas das cinzas e a metodologia utilizada possibilitaram perceber similaridades com as areias (material amplamente utilizado em processos de filtração), indicando possível viabilidade de substituição destas como elemento filtrante de amostras contaminadas.

A caracterização química, apesar de ter fornecido informações relevantes e compatíveis com as encontradas na literatura, precisa ser mais bem investigada já que apenas uma amostra foi analisada.

A pesquisa vem ajudando a compreender as características das cinzas e também seu comportamento como meio filtrante do lixiviado do Aterro de Caucaia, abrindo possibilidades para experimentos em maior escala. Além disso, comparar os resultados do lixiviado tratado no sistema proposto com o tratado em outras tecnologias ajudará a entender em que medida as colunas de cinzas se aproximam dos padrões de lançamento das Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e Conselho Estadual do Meio Ambiente do Ceará (COEMA).

15

As pesquisas **de 2023**

Em 2023 iniciamos uma pesquisa sobre compostagem, uma com lisímetros, uma sobre resíduos de serviços de saúde e uma sobre o fresado de pavimento asfáltico.

A pesquisa sobre compostagem vem sendo desenvolvida na Escola de Gastronomia Social Ivens Dias Branco (EGSIDB), no bairro Mucuripe em Fortaleza-CE, processando os resíduos orgânicos que sobram das aulas práticas dos cursos básicos em panificação, confeitaria e profissionalizantes em cozinha básica. Além disso, a escola conta um laboratório de cultura alimentar e gastronomia, onde pesquisam e desenvolvem produtos, processos e experimentações e um projeto de hortas urbanas.

A EGSIDB possui capacidade para receber até 5 mil matrículas por ano, dispondo das mais avançadas infraestruturas e de equipamentos do País, formadas por cozinha-show, cozinha de panificação, cozinha de confeitaria, cozinha para fundamentos da cozinha, biblioteca, laboratório de informática, salas de aula teóricas, terraço de eventos e restaurante de finalização.

Ao todo, foram montadas 06 minicomposteiras iguais, separadas por uma peça de acrílico, com a seguinte composição: 1ª camada (5cm de resíduos de jardim com granulometria $\leq$ 5cm umedecidos com 1 litro de água); 2ª camada (5cm de adubo bovino, para servir de inóculo umedecido com 1 litro de água); 3ª camada (5cm de resíduos da cozinha com granulometria $\leq$ 5cm); 4ª camada (5cm de adubo bovino); 5ª camada (5cm de resíduos da cozinha); 6ª camada (5cm de adubo bovino); 7ª camada (5cm de resíduos de jardim).

Para permitir a entrada de ar dentro do sistema, foi introduzido um tubo PVC de

32mm furado, não havendo revolvimento mecânico das leiras. Cada minicomposteira tinha 30cm de largura, 30cm de comprimento e 50cm de altura, ou seja, comportava até 45 litros.

O monitoramento das minicomposteiras, que se estende há 3 meses, vem sendo realizado com o acompanhamento da temperatura e pH (com instrumento portátil) e medição dos teores de umidade e sólidos voláteis (em laboratório, com estufa e mufla, respectivamente). Até o momento, temos 16 resultados da temperatura, 16 de pH, 02 de umidade e 02 resultados de sólidos voláteis em cada minicomposteira.

Ao longo dos 3 meses, a temperatura das minicomposteiras 1 e 4 diminuiu enquanto da 5 e da 6 aumentou. A temperatura média geral das 06 minicomposteiras variou entre 31,1 e 37,9°C. A menor temperatura foi observada na minicomposteira 6 (25,0°C) e a maior na minicomposteira 4 (47,0°C).

Sobre o pH, ao longo dos 3 meses, observamos aumento em todas as minicomposteiras, sendo mais acentuado na 4 e menos acentuado na 5. O pH médio geral das 06 minicomposteiras variou entre 4,5 e 5,0. O menor pH foi observado na minicomposteira 1 (3,5°C) e o maior na 4 (7,5°C).

A umidade média geral das 06 minicomposteiras variou entre 55,98% (1ª campanha) e 60,53% (2ª campanha). Entre as campanhas, observamos aumento na umidade das minicomposteiras 1, 2, 3 e 6, e redução na 4 e na 5.

Os sólidos voláteis, média geral das 06 minicomposteiras, variaram entre 53,34 (1ª campanha) e 34,94% (2ª campanha). Entre as campanhas, observamos redução em todas as minicomposteiras, sendo mais acentuada na 4 e menos acentuada na 1.

Na pesquisa sobre os lisímetros, ainda em desenvolvimento, estávamos monitorando o comportamento da degradação de resíduos confinados em tambores metálicos de 200 litros por meio das medições dos recalques e do volume de lixiviados.

Os tambores foram perfurados no fundo para drenagem dos lixiviados. Em seguida, receberam uma camada de 10cm de brita lavada. Depois foram levados até o Aterro Sanitário de Caucaia e preenchidos apenas com sobras de alimentos extraídas de resíduos domiciliares recém-coletados. Cada tambor recebeu 5 camadas de 20cm de resíduos e para compactar cada camada utilizamos um bloco de concreto de 2,5kg, caindo livremente de uma altura de 50cm, sendo que em um tambor aplicamos 25 golpes e no outro, 50 golpes. Para cobrir os resíduos, foi colocada e compactada uma camada de solo.

Com o histórico de 11 medições, o lisímetro 1 (que recebeu 25 golpes) drenou 6,404 litros de lixiviado enquanto o lisímetro 2 (que recebeu 50 golpes) drenou 10,127 litros. Considerando que ambos foram preenchidos no mesmo dia e com resíduos de composição parecida, a primeira impressão que temos é que o aumento da compactação forçou o resíduo a liberar água de forma brusca. Apenas no final do primeiro mês é que as vazões dos tambores ficaram parecidas: 0,095 litros/dia (25 golpes) e 0,125 litros/dia (50 golpes).

Sobre os recalques, após 52 medições, o lisímetro 1 tinha baixado, em média 19,9cm, alcançando no último dia do monitoramento 26,6cm. O comportamento dos recalques foi representado pela equação $y = -0,1862x + 8342,7$ com $R^2 = 0,9597$. O lisímetro 2 tinha baixado, em média 20,6cm, alcançando no último dia do monitoramento 28,2cm. O comportamento dos recalques foi representado pela equação $y = -0,2096x + 9395,6$ com $R^2 = 0,9620$. Assim, o lisímetro que recebeu mais golpes baixou um pouco mais, mostrando, de certa forma, a influência da compactação.

Com a pesquisa sobre Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) tivemos por objetivo avaliar o comportamento histórico de alguns indicadores nacionais reportados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)

entre 2012 e 2021, a saber: quantidade coletada de RSS (tonelada/ano); taxa de RSS sobre RSU (%); despesa total com coleta de RSS (R\$/ano); massa de RSS coletada *per capita* (kg/1000hab. x dia), responsável pela execução de coleta.

No Brasil, oficialmente, o Governo Federal coleta informações sobre a prestação dos serviços de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos desde 2002 e as informações do SNIS são fornecidas pelas instituições responsáveis pela prestação dos serviços nos municípios: companhias; autarquias; empresas municipais ou privadas; concessionárias; departamentos.

O SNIS está vinculado à Lei 11.445/2007, que trata da Política Nacional de Saneamento Ambiental, à Lei 12.305/2010, que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos e à Lei 14.026/2020, que atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico.

O SNIS está vinculado ao governo federal, especificamente ao Ministério das Cidades, sendo um banco de dados sobre operações, gestão, finanças e qualidade dos serviços de água, esgoto e de destinação de resíduos sólidos dos municípios brasileiros.

Entre 2012 e 2021 houve um crescimento no número de municípios que participaram da coleta do SNIS ($y = 141,19x + 3002,9$ com $R^2 = 0,603$). Em 2012, eram 3.043 municípios e em 2021, 4.900 municípios. A média do período apontou para a participação de 3.780 municípios. Dessa média, 2.137 municípios (57%) informaram massa *per capita* de RSS variando entre 3,37 e 4,93 kg/(1000hab. X dia). A média da década foi de 3,83 kg/(1000hab. X dia). Em linhas gerais, esse indicador diminuiu ao longo dos anos ($y = -0,0001x + 0,0025$ com $R^2 = 0,5512$).

Sobre a taxa de RSS/RSU (%), observamos uma variação entre 0,39 e 0,58% e o valor de 0,44% como média da década. Em linhas gerais, houve redução desse indicador entre 2012 e 2021 de forma significativa.

Quanto à despesa total com a coleta de RSS (R\$/ano), observamos uma variação entre 127 e 465 milhões de reais por ano. A média da década foi de pouco mais de 263 milhões de reais. Em linhas gerais, esse indicador diminuiu ao longo dos anos ($y = -1217,6x + 105813$ com $R^2 = 0,0239$).

Sobre a quantidade coletada de RSS, observamos uma variação entre 138 e 202 mil toneladas por ano. A média da década foi de pouco mais de 165 mil toneladas. Em linhas gerais, esse indicador diminuiu ao longo dos anos ($y = -1,9613x + 88,652$ com $R^2 = 0,5609$). Sobre o responsável pela execução dessa coleta, mais de 86% dos municípios contratavam empresas privadas.

Por fim, em pleno dezembro de 2023, estávamos pesquisando o efeito da adição de Fresado de Pavimentos Asfálticos (RAP) sobre as propriedades mecânicas de Concretos de Cimento Portland Não Estruturais (CNE).

Na pesquisa, o concreto de referência foi preparado conforme as especificações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para confecção de dispositivos de drenagem, sendo utilizado o traço: 1:1,94:2,98:0,53 (cimento, areia, brita, fator água/cimento³⁰), com FCK³¹ de 20Mpa³², uso de betoneira e lançamento manual. Foram moldados 04 Corpos de Prova (CP), realizada cura por imersão em água³³ e rompimento³⁴ de 02 corpos de prova com 07 dias e 02 corpos com 28 dias³⁵.

Para analisar o efeito da adição do fresado nas propriedades físicas e mecânicas do concreto, realizou-se a substituição parcial da areia por frações crescentes (de 10 a 40% em massa³⁶) de fresado passando na peneira nº 04 em novos traços de concreto. Com essas misturas, foram moldados 16 corpos de prova.

O plano de dosagem foi ajustado para bateladas de 40 litros de concreto, com a utilização de uma betoneira descontínua (uma batelada por vez) de tambor rotativo e eixo horizontal, com capacidade de 120 litros, balança de precisão, formas metálicas para moldagem dos corpos de prova cilíndricos (de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura).

No estado fresco foi realizada avaliação da coesão e consistência da mistura de forma visual, tátil e por meio do ensaio de abatimento (*slump*) de acordo com a NBR 16.889/2020 da ABNT. No estado endurecido adotaram-se os ensaios de resistência à compressão, realizados de acordo com a NBR 5739/2018 da ABNT.

Observamos que as propriedades do concreto com frações de RAP no estado fresco apresentam valores com pouca variação, apresentando semelhança aos da mistura de referência.

A análise estatística mostrou que “valor-P” foi maior que o valor de significância (0,05), indicando que não existem diferenças significativas entre os valores de resistências à compressão dos diferentes concretos estudados. A análise estatística aos 28 dias apresentou o mesmo comportamento, mas o “valor-P” ficou mais próximo do valor de significância (0,05).

O ganho de resistência à compressão com o tempo seguiu um padrão obtido para qualquer mistura típica de concreto, exceto para os CP nº03 e nº04 da dosagem (A70/F30) e CP nº04 da dosagem (A60/F40), que apresentaram resistências menores aos 28 dias de idade quando comparadas com os 7 dias, indicando possíveis problemas na preparação do CP's. Por mais que a resistência tenha sido afetada com a substituição do agregado natural por RAP, as misturas produzidas apresentaram valores satisfatórios com resultados acima de 20Mpa.

A pesquisa inicialmente avaliou como positiva os resultados das misturas de concreto e material fresado (RAP), inaugurando uma linha de pesquisa que pode ampliar a reutilização dos resíduos das obras de manutenção e conservação das estradas sob responsabilidade do DNIT no estado do Ceará.

A adição de material fresado nas misturas aprimorou a distribuição granulométrica do agregado miúdo, saindo da zona utilizável e encaixando-a na zona ótima da curva, conforme recomenda a ABNT NBR 7211/2022.

As misturas com maiores teores de fresado apresentaram diminuição na fissuração do concreto por retração por perda de água bem como apresentaram mudanças negativas na resistência a compressão quando comparada ao concreto da dosagem de referência, mas essa redução foi estatística insignificante. Assim, todas as misturas estudadas estavam aptas a serem usadas em dispositivos de drenagem do DNIT já que não receberão grandes cargas.

30. Relação em massa

31. Resistência Característica do Concreto à Compressão.

32. Classe de resistência C20 e classe de consistência S50.

33. Esse processo tem por finalidade evitar a evaporação prematura da água necessária para a hidratação do cimento, além de proporcionar redução da sua porosidade, contribuindo para aumentar a durabilidade das estruturas.

34. Os ensaios de resistência foram realizados no laboratório da Insttale Engenharia com prensa de concreto de 100 toneladas.

35. Essas idades são utilizadas em diversos trabalhos e ambas estão de acordo com a NBR 5739/2018 da ABNT.

36. Em geral, as pesquisas trabalham as misturas em *volume*; essa pesquisa trabalhou com *massa* porque o teor de argamassa, a relação água/materiais secos e a relação água/cimento deveriam ser os mesmos, independentes das substituições propostas.

Referências

- ABREU SILVA, R. A. **Perspectivas e desafios à coleta seletiva do IFCE (Campus Fortaleza):** uma primeira aproximação. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, 45p., 2009.
- ALBUQUERQUE, M. E. DE. **Estimativa do potencial econômico dos resíduos recicláveis domiciliares de Fortaleza-CE.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, 41p., 2012.
- ALVES, A. C. A. **Cotidiano dos catadores de resíduos sólidos da Sociedade Comunitária de Reciclagem do Pirambu (SOCRELP) e da Associação dos Agentes Ambientais do Parque Santa Rosa.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, 68p., 2010.
- ANTONINO, K. A. R. **Coleta seletiva empresarial:** estudo de caso em Fortaleza-CE. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 75p., Fortaleza, 2014.
- BRAGA, S. M. **Estudo do comportamento de concretos com diferentes teores de resíduos de fresado de pavimentos asfálticos.** 2024. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, 129f., 2024.
- BORGES DE MATOS, M. V. **Estudo do processo de revegetação de uma célula encerrada do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia - ASMOC.** 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, 144p., 2016.
- CARVALHO, N. F. DE. **Caracterização das alternativas de logística reversa de embalagens vazias de agrotóxicos no Estado do Ceará.** 2018. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 80p., Fortaleza, 2018.
- CAVALCANTE DE OLIVEIRA, J. **Diagnóstico do destino final de lâmpadas fluorescentes pós-consumo em estabelecimentos comerciais de Fortaleza-CE.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 52p., Fortaleza, 2013.
- CAVALCANTE, C. L. A. **Estudo da composição dos gases de aterro sanitário sob diferentes condições de bombeamento.** 2021. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 101p., Fortaleza, 2021.
- CORREIA, R. R. S. **Comportamento de pisos intertravados de concreto elaborados com frações de cinzas de resíduos sólidos perigosos.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Instituto Federal do Ceará, 56p., Fortaleza, 2022.

_____. **Diagnóstico do manejo dos Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) em estabelecimentos médicos veterinários de Fortaleza-CE.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 57p., Fortaleza, 2016.

COSTA, E. F. DE F. **Aspectos sociais, econômicos e de moradia das comunidades instaladas no entorno do inativo Lixão do Jangurussu.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 48p., Fortaleza, 2011.

DA SILVA, C. K. O. **Aspectos ocupacionais de coletores de lixo (garis) em Fortaleza/CE.** 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 46p., Fortaleza, 2009.

DE MATOS, A. R. **Caracterização do processo de tratamento de resíduos oleosos praticado em uma indústria do município de Eusébio-CE.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 59p., Fortaleza, 2017.

FERREIRA LIMA, A. R. **Organizações coletivas de catadores de resíduos: a realidade vivenciada em Fortaleza-CE.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 42p., Fortaleza, 2016.

FREIRE, S. C. **Processo de reciclagem de polímeros (Polipropileno e Polietileno) em uma indústria do município de Eusébio-CE.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 57p., Fortaleza, 2017.

LEITÃO, A. L. DE S. **Teores de Ferro (Fe), Cobre (Cu), Zinco (Zn) e Manganês (Mn) em solos de aterro sanitário da Região Metropolitana de Fortaleza.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 49p., Fortaleza, 2016.

LEITE, N. D. **Estudo do gerenciamento dos resíduos da construção civil em uma obra residencial de grande porte em Fortaleza-CE.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 63p., Fortaleza, 2017.

_____. **Perfil epidemiológico dos catadores de resíduos que trabalham em organizações coletivas de Fortaleza-CE.** 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 121p., Fortaleza, 2020.

LIMA DA SILVA, R. B. **Caracterização física e química da água de lavagem de gases do incinerador de Fortaleza-CE.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 79p., Fortaleza, 2016.

LINO, T. L. DE L. **A incineração de resíduos sólidos perigosos em Fortaleza: um estudo de caracterização das cinzas.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 59p., Fortaleza, 2022.

MARQUES DA SILVA, C. W. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos do Centro Administrativo Governador Virgílio Távora, Fortaleza-CE.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 41p., Fortaleza, 2014.

MONTE, G. DE O. **Estudo da emissão de gases pela camada de cobertura de um aterro sanitário experimental instalado na Região Metropolitana de Fortaleza-CE.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 75p., Fortaleza, 2012.

MOREIRA, R. H. R. **Estudo do cumprimento do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde - PGRSS - em farmácias de Fortaleza/CE.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 46p., Fortaleza, 2013.

MOURA, M. C. DA C. **Estudo do manejo de pneus inservíveis em Fortaleza-CE.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 51p., Fortaleza, 2017.

_____. **Avaliação do comportamento das cinzas da incineração de resíduos sólidos perigosos no tratamento de lixiviados de aterros sanitários.** 2023. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 99p., Fortaleza, 2023.

MUGHESA, D. P. M. B. **Logística reversa de Medicamentos Domiciliares Vencidos ou em Desuso (MDVD): um estudo com farmácias e clientes de Fortaleza-CE.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 12p., Fortaleza, 2022.

NOGUEIRA DE LIMA, D. **Gerenciamento de resíduos sólidos industriais - estudo de caso em uma indústria automobilística do Estado do Ceará.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 45p., Fortaleza, 2013.

OLIVEIRA SILVA, P. **Estudo comparativo dos teores de umidade e sólidos voláteis de resíduos sólidos aterrados.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Instituto Federal do Ceará, 50p., Fortaleza, 2022.

_____. **Estudo preliminar do gerenciamento de resíduos sólidos em restaurantes de Maracanaú-CE.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 72p., Fortaleza, 2014.

PAIVA, B. K. V. **Embalagens vazias de agrotóxicos no Ceará: um estudo preliminar sobre a problemática social, ambiental e de saúde do trabalhador.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 58p., Fortaleza, 2017.

PEREIRA DA SILVA, A. P. **Situação social de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis que trabalham no Centro de Fortaleza-CE.** 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 98p., Fortaleza, 2017.

PEREIRA, S. B. **Parâmetros mecânicos do solo empregado em taludes de cobertura de um Aterro Sanitário do Estado do Ceará.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Instituto Federal do Ceará, 63p., Fortaleza, 2020.

PIMENTEL DA SILVA, P. **Visão dos professores e alunos de duas escolas do município de Paraipaba/CE sobre a questão ambiental.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 42., Fortaleza, 2010.

PIRES, B. A. S. **Aspectos sociais, econômicos e ocupacionais de alguns catadores de resíduos sólidos de Fortaleza/CE: um estudo de caso em duas associações.** 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 46p., Fortaleza, 2009.

RIBEIRO, E. D. **Estudo do comportamento da rigidez do solo empregado na camada de cobertura do Aterro Sanitário de Caucaia-CE.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Instituto Federal do Ceará, 56p., Fortaleza, 2019.

RODRIGUES ALVES, M. J. **Desenvolvimento e monitoramento de minicomposteiras: um estudo na Base Aérea de Fortaleza-CE.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 47p., Fortaleza, 2013.

RODRIGUES DA SILVA, S. **A coleta seletiva sob alguns indicadores do SNIS: uma análise entre 2011 e 2020.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 48p., Fortaleza, 2022.

SILVA, M. L. **Beneficiamento de resíduos da construção e demolição em Fortaleza-CE: um estudo de caso na USIFORT.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 81p., Fortaleza, 2016.

_____. **Caracterização física de solos de cobertura e de resíduos sólidos do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia.** 2022. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 107p., Fortaleza, 2022.

SOARES, J. N. DE C. **Estudo preliminar do gerenciamento de resíduos sólidos em barracas de praia de Fortaleza.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 45p., Fortaleza, 2014.

VIANA, J. A. **Estimativa da quantidade de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) incinerada por nove hospitais públicos de Fortaleza-CE.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, 68p., Fortaleza, 2013.

Bibliografia Complementar

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Classificação dos resíduos sólidos. Rio de Janeiro, RJ. 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº222**, de 28 de março de 2018. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº306**, de 07 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.

BRASIL. REPÚBLICA FEDERATIVA DO. Lei 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **DOU**: Brasília, DF, 3 ago. 2010.

_____. REPÚBLICA FEDERATIVA DO. Lei 6.938/1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **DOU**: Brasília, DF, 31 ago. 1981.

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº307**, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº362**, de 23 de junho de 2005. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº420**, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

_____. **Decreto nº4074**, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

_____. **Lei nº12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências.

_____. **Lei nº14.026**, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico, altera a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, e dá outras providências.

_____. **Lei nº6938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

_____. **Lei nº9795**, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.

FORTALEZA. **Lei nº10.340/2015**. Altera os arts. 1º ao 33 da Lei 8.408, de 24 de dezembro de 1999, e dá outras providências.

Conclusão

O livro resume estudos, projetos e pesquisas em resíduos sólidos urbanos e aproximadamente 34 monografias e 08 dissertações de mestrado desenvolvidas entre 2009 e 2023 no IFCE.

A maior parte das referências são de temas alinhados com a publicação da Política Nacional Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), com a versão atualizada da Política Estadual de Resíduos Sólidos (Lei nº 16.032/2016) e com o Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020).

Sinopse

A temática dos resíduos sólidos é abordada nesse livro sob várias perspectivas e com base no levantamento e construção de dados primários na grande maioria das experiências citadas.

O livro aborda temas como coleta seletiva, garis e catadores, aterros sanitários, logística reversa, reciclagem, compostagem, incineração e resíduos de fontes específicas (comércio, construção civil, saúde, indústria etc.). Traz também algumas experiências com resíduos classificados como perigosos (Classe I)



Sobre o autor

Tecnólogo em Gestão Ambiental (TGA) pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE/CE), Especialista em Educação Ambiental pela Universidade Estadual do Ceará (UECE), Mestre em Saúde Pública (Linha: Produção, Ambiente e Saúde) pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Primeiro TGA a concluir doutorado no Estado do Ceará. Doutor em Engenharia Civil (Linha: Saneamento Ambiental) pela UFC. Professor Efetivo do IFCE (Campus Fortaleza) na Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental, Bacharelado em Engenharia Civil e do Mestrado em Tecnologia em Gestão Ambiental (PGTGA). Coordenador de um grupo de estudos, projetos e pesquisas na área de gestão e gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos.