

Avaliação de um modelo comunitário de recolha, separação e tratamento de resíduos em São Tomé e Príncipe

Projeto Bairro Limpo
“Qua Luxan Non”

Álvaro Fernández Braña, Célia Dias Ferreira, Ana Catarina Machado Sousa
janeiro 2022

Ficha técnica

Título: Avaliação de um modelo comunitário de recolha, separação e tratamento de resíduos em São Tomé e Príncipe
Autores: Álvaro Fernández Braña (CERNAS/IPC), Célia Dias Ferreira (Universidade Aberta e CERNAS), Ana Catarina Machado Sousa (CERNAS/IPC)
Data: janeiro 2022
ISBN: 978-989-8649-20-1

Executado por:



Instituto Politécnico de Coimbra – Serviços Centrais
Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços – S. Martinho do Bispo 3045-093 Coimbra
Telefone: +351 239 791250
E-mail: ipc@ipc.pt
Internet: www.ipc.pt



CERNAS – Centro de Estudos de Recursos Naturais,
Ambiente e Sociedade
Escola Superior Agrária de Coimbra
Bencanta
3045-601 Coimbra

Cliente: ONGD Leigos para o Desenvolvimento

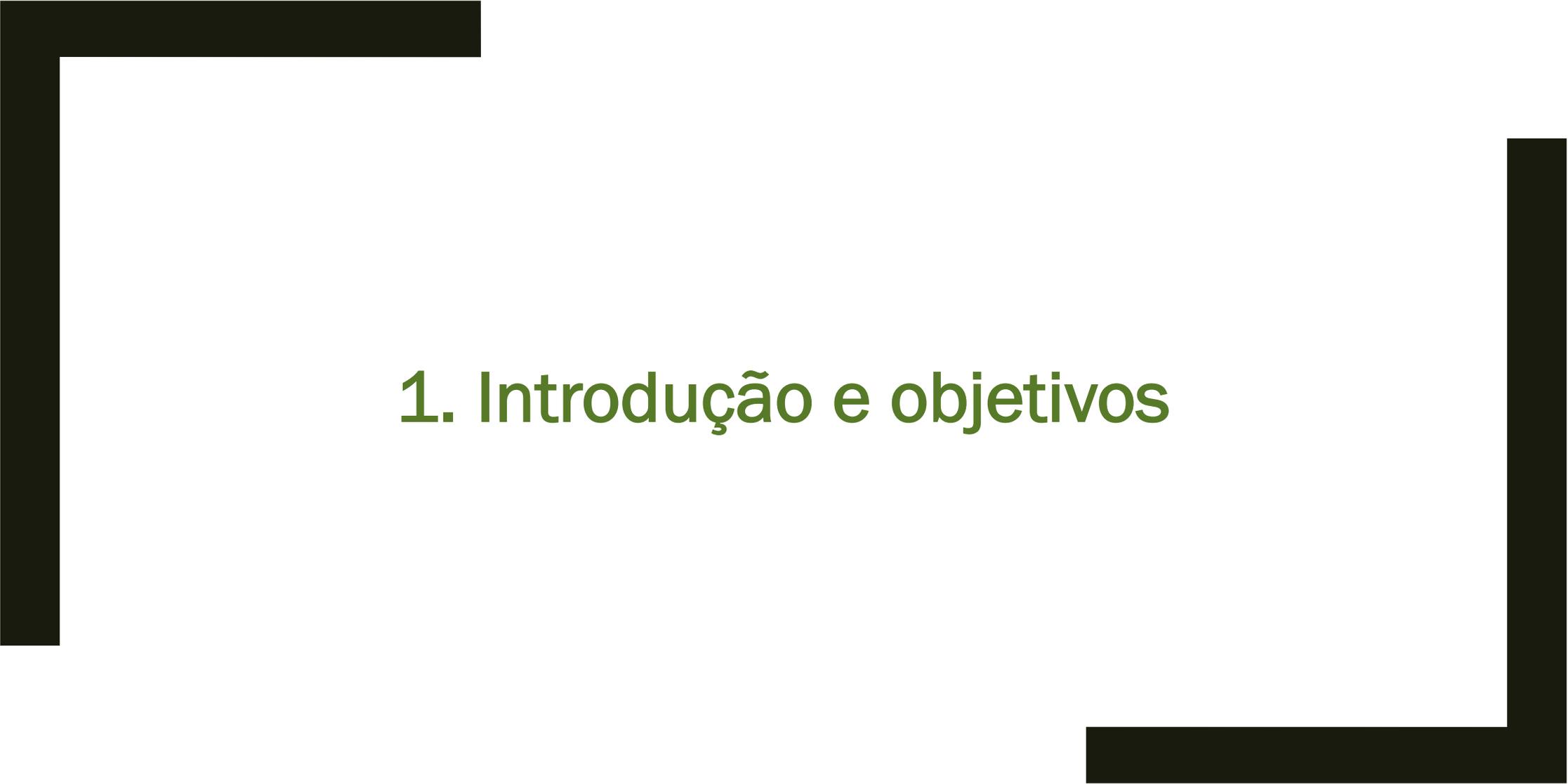
Projeto: Bairro Limpo “*Qua Luxan Non*” – Modelo comunitário de recolha, separação e tratamento de RSU

Cofinanciado por: Camões – Instituto da Cooperação e da Língua, I.P. e pelo Gabinete de Estratégia e Planeamento do Ministério do Trabalho, Solidariedade e Segurança Social)



Conteúdos

1. Introdução e objetivos.....	4	3.1 Modelo de custos e receitas.....	43
2. Descrição e resultados do trabalho de campo.....	8	3.2 Cenário base.....	47
2.1 Situação da gestão de resíduos na Boa Morte....	9	3.3 Cenário alternativo 1.....	50
2.2 Campanha de pesagens.....	20	3.4 Cenário alternativo 2.....	52
2.3 Caracterização física de resíduos.....	26	3.5 Despesas de manutenção.....	53
2.4 Avaliação técnica do modelo comunitário de recolha.....	32	3.6 Adaptação a uma recolha seletiva.....	54
2.4.1 Análise do circuito de recolha.....	32	4. Replicação do modelo comunitário de recolha.....	60
2.4.2 Análise do veículo de recolha.....	35	5. Valorização de resíduos.....	64
2.5 Avaliação ambiental.....	38	5.1 Compostagem dos resíduos húmidos.....	64
2.6 Avaliação económica.....	40	5.2 Valorização de vidro.....	70
3. Validação do modelo comunitário de recolha.....	42	6. Conclusões e sugestões.....	73
		7. Bibliografia.....	80

The slide features two large, thick black L-shaped brackets. One is positioned in the top-left corner, and the other is in the bottom-right corner, framing the central text.

1. Introdução e objetivos

1. Introdução e objetivos

No âmbito do projeto Bairro Limpo, foi solicitado ao CERNAS – Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade uma avaliação, validação e sistematização do modelo comunitário de recolha de resíduos sólidos urbanos que está a ser implementado no bairro da Boa Morte (Distrito de Água Grande, São Tomé e Príncipe) pelo Grupo Comunitário da Boa Morte e pela ONGD Leigos para o Desenvolvimento.

Para dar resposta a esta responsabilidade, a equipa do CERNAS realizou uma visita ao local em janeiro e fevereiro de 2021, onde desenvolveu o seguinte conjunto de atividades no terreno:

- Visita ao bairro e recolha de informação sobre a situação atual em termos de gestão de resíduos recorrendo à observação direta;
- Entrevistas não estruturadas e inquéritos a moradores e utentes do modelo;
- Campanha de caracterização dos resíduos produzidos na zona alvo;
- Visita aos destinos finais dos resíduos;
- Reuniões com atores-chave.

O presente documento consiste no relatório de avaliação deste modelo de recolha e tem como base a visita realizada.

O modelo de casa típica é a construída em madeira, com um andar elevado sobre o terreno, deixando abaixo um espaço aberto que serve para cozinhar e para outros trabalhos (figura 1). A latrina está separada da casa.



Figura 1. Modelo de casa típica.
(Foto: Bairro da Boa Morte, janeiro 2021)

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- Determinar os parâmetros técnicos de desempenho do modelo de recolha: consumo de combustível, distância percorrida e tempo de trabalho face às quantidades recolhidas.
- Determinar a quantidade (em peso) de resíduos produzida pela população da Boa Morte, em termos de capitação ($\text{kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$).
- Determinar a composição física dos resíduos produzidos na Boa Morte (em % do peso).
- Avaliar a sustentabilidade ambiental do modelo: impactes ambientais associados (pegada de carbono) e comparação com outras alternativas.
- Analisar a sustentabilidade económica e social do modelo.
- Explorar a viabilidade de diferentes opções para a valorização dos resíduos recolhidos, evitando a deposição incontrolada na lixeira.
- Sugerir como pode o modelo de recolha evoluir e adaptar-se para uma recolha seletiva e futura replicação.



2. Descrição e resultados



2. Descrição e resultados

2.1 Situação atual da gestão de resíduos no bairro da Boa Morte

A área de atuação do projeto Bairro Limpo abrange cinco localidades na periferia ocidental da cidade de São Tomé. Conforme o recenseamento do ano 2012 moram na área 7627 pessoas (Tabela 1); as projeções para 2021 no distrito de Água Grande para estas cinco localidades estimam uma população de 9000 pessoas.

Tabela 1. População recenseada em 2012. (Fonte: INE STP)¹

Localidade	Boa Morte	Correia	Palmar	Penha	Ponte Graça	TOTAL
População	3432	575	1031	629	1960	7627

A maioria dos agregados familiares compreendem 2–3 pessoas conforme o recenseamento de 2012. Na prática, o âmbito familiar é por vezes difuso, tendo em conta o grupo de pessoas que vivem na casa (ex. algumas apenas vão jantar). Os inquéritos realizados neste estudo indicam um número médio de 5 pessoas por habitação.

O bairro da Boa Morte está estruturado ao longo da Estrada da Boa Morte (ES7), representada na figura 2. Esta serve como principal via de comunicação, é asfaltada e está em bom estado de manutenção. Perpendicularmente à estrada partem uma série de caminhos de terra batida (pouco ou nada aptos para veículos) que dão acesso à maior parte das casas (figura 3).

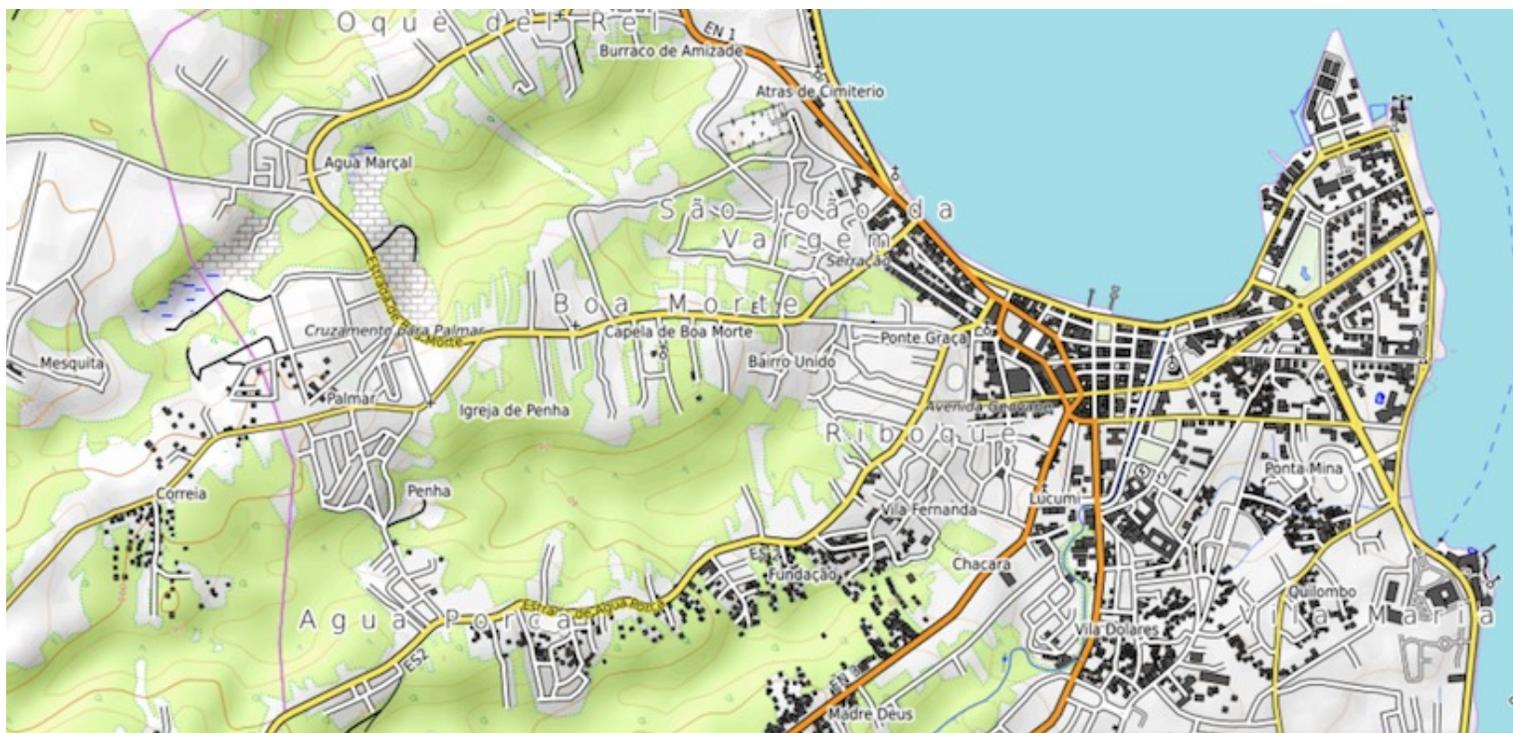


Figura 2. Enquadramento espacial da Boa Morte na cidade de São Tomé.

© OpenTopoMap (CC-BY-SA)



Figura 3. Estrada da Boa Morte (à esquerda) e acessos e caminhos de terra batida perpendiculares a esta estrada (à direita). (Fotos: Bairro da Boa Morte, janeiro 2021)

A prática mais habitual para lidar com os resíduos domésticos é o seu abandono, quer nas zonas de mato situadas atrás das casas, quer em parcelas vagas ou na beira dos caminhos. Como consequência, existem focos de lixo espalhados pelos terrenos (figura 4). Nas zonas em declive (por exemplo, em direção aos ribeiros) a acumulação de resíduos tende a ser maior. O mesmo acontece nos setores do bairro menos estruturados, como é o caso de Ponte Graça, onde os focos de lixo são maiores e mais descontrolados. Devido à sua dimensões, estes não poderão ser eliminados sem uma grande mobilização de recursos.

Com exceção das latas de bebida, os resíduos não orgânicos que se observam nestes focos têm pouco potencial de reutilização, porque existe um forte hábito de reutilização de embalagens e só é deitado fora o que é mesmo inútil.

A queima de resíduos é comum, para reduzir o volume de deposição (figura 4). Há pouco cheiro a decomposição, pelo que se deduz que não há grande presença de restos de alimentos cozinhada, ou porque a decomposição é muito rápida ou porque os restos de comida servem como alimento para os animais domésticos.



Figura 4. Focos de lixo abandonado. (Fotos: Bairro da Boa Morte, janeiro 2021)

Em geral, as pessoas não se afastam muito da sua habitação para deitar fora o lixo, só uns metros (figura 5.a). Não existe dentro da habitação um lugar específico para a deposição dos resíduos: ninguém quer ficar com lixo acumulado no interior e os baldes são considerados objetos mais úteis para outras tarefas (ex.: transportar água) do que para depositar lixo. Por outro lado, observa-se por vezes uma certa organização espontânea dos focos de lixo. Cada grupo de casas vizinhas tem o seu ponto de deposição definido há muito tempo, e algumas vezes este está mesmo delimitado (figura 5.b).

Há algumas famílias a praticar compostagem (“fazer estrume”) nos seus quintais, quer como resultado de formações anteriores que receberam, quer por iniciativa própria. Porém, por falta de informação este método ainda não é reconhecido como uma opção válida para tratar os resíduos orgânicos.

Além das habitações, também os estabelecimentos locais dão origem a focos de lixo abandonado. Por exemplo, a oficina de carros deita no mato as latas de pintura, a escola do bairro tem o seu próprio foco de lixo por trás do edifício e, no caso das quitandas (pequeno comércio), a preocupação em manter limpa a zona envolvente ao estabelecimento significa que o lixo é varrido para longe, acumulando-se no exterior a uma certa distância.



Figura 5. Focos de lixo: (a) a poucos metros de uma habitação (à esquerda); (b) num espaço delimitado para o efeito (à direita). (Fotos: Bairro da Boa Morte, janeiro 2021)

A criação destes focos de lixo abandonado acontece por falta de outras soluções de deposição, não havendo pontos de recolha suficientes nem uma recolha regular por parte das autoridades que permitam colmatar as necessidades da população deste bairro. Para além da iniciativa do projeto Bairro Limpo, existe um lugar abrangido pelo sistema de recolha da Câmara Distrital de Água Grande (CDAG): o lugar de São João da Cruz. Lá existe uma carrinha que passa 3 dias por semana a uma hora fixa, num sistema de recolha por apito (figura 6.a). Como neste caso a CDAG disponibiliza esta recolha grátis por ser um lugar de baixos rendimentos, a população aderiu bastante e o sistema funciona razoavelmente bem. Todavia, as condições do pessoal empregado são precárias.

Atualmente o destino dos resíduos recolhidos no distrito de Água Grande e Mé-Zóchi é uma lixeira situada no lugar da Penha (figura 6.b). As emissões para a atmosfera de partículas e de produtos da combustão durante as operações de queima regular dos resíduos nesta lixeira constituem um grave problema, existindo queixas da população que moram em redor da lixeira por causa do fumo produzido pela queima de resíduos e da suspeita que este possa ser prejudicial à saúde. Adicionalmente, o volume cada vez maior da lixeira e a deposição de resíduos de forma não controlada provoca o deslizamento e queda dos resíduos pelas pendentes, em direção aos cursos de água (onde se costuma lavar roupa). De acordo com os relatos da população, também são frequentes as explosões, provavelmente devido às bolsas de gás metano acumulado. A entrada de resíduos na lixeira acontece regularmente e não é previsível que seja criada outra alternativa a curto/médio prazo.



Figura 6. (a) Recolha de resíduos pela Câmara Distrital, no lugar de São João da Cruz (à esquerda);
(b) Lixeira no lugar da Penha (à direita). (Fotos: janeiro 2021)

Os inquéritos sobre as suas práticas correntes de gestão de resíduos, realizados entre janeiro e fevereiro de 2021 a 23 famílias do bairro da Boa Morte aderentes ao sistema de recolha comunitário distinguiram entre resíduos “**húmidos**” (resíduos alimentares e de quintal) e resíduos “**secos**” (materiais não naturais).

No caso dos resíduos húmidos, a resposta maioritária foi o seu aproveitamento como alimento para animais domésticos (figura 7), confirmando as observações no terreno.

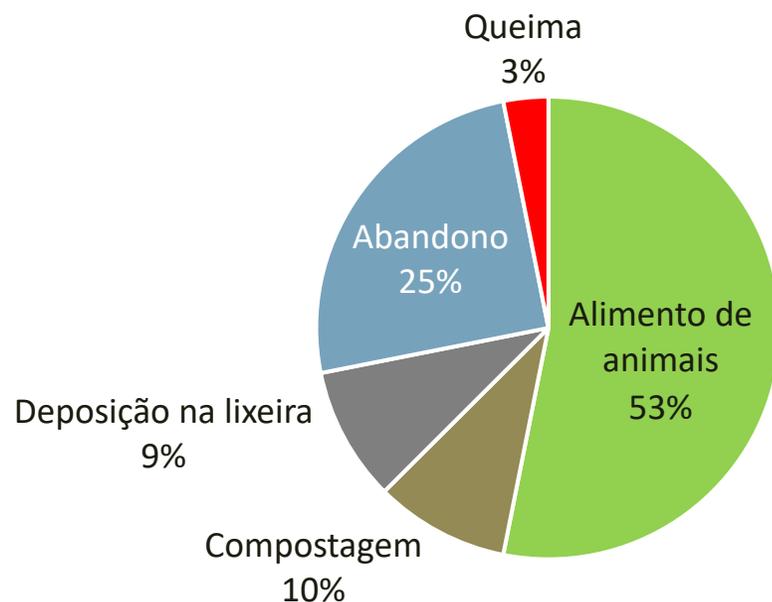


Figura 7. Práticas domésticas de gestão de resíduos húmidos nas famílias aderentes à recolha comunitária (% respostas).

Já no caso dos resíduos secos, as respostas estão mais divididas (figura 8): mesmo sendo evidente que existe uma grande cultura de reutilização, opções como a queima ou a deposição incontrolada (abandono) no mato não deixam de ser habituais (de novo confirmando o que foi observado).



Figura 8. Práticas domésticas de gestão de resíduos secos nas famílias aderentes à recolha comunitária (% respostas).

2.2 Campanha de pesagem de resíduos



A campanha consistiu na monitorização diária, durante **1 semana**, da quantidade de resíduos produzida por uma amostra de 33 famílias residentes no bairro, com diferentes níveis socioeconómicos.

A monitorização foi realizada por meio de pesagens diárias (figura 9) dos resíduos que cada família foi acumulando em dois sacos de 25L disponibilizados para o efeito: um para os resíduos ***húmidos***, e um outro para os resíduos ***secos***.

Para maior comodidade das famílias e otimização de meios, a campanha de pesagens foi dividida em duas fases, sendo entregue um saco de 25L para resíduos secos e outro para os resíduos húmidos em cada uma das fases:

1ª fase: de terça-feira a sexta-feira (4 dias)

2ª fase: de sábado a segunda-feira (3 dias)

Figura 9. Pesagem de resíduos numa habitação durante a campanha de caracterização de resíduos. (Foto: Bairro da Boa Morte, janeiro 2021)

Foi observada uma maior adesão das famílias participantes na primeira fase e mais fraca adesão na segunda (ver Tabela 2), diminuindo as pesagens válidas especialmente no quarto dia (sexta-feira). Algumas famílias desistiram da experiência; isto pode ser explicado por tratar-se de uma prática nova com a qual as pessoas não estão familiarizadas.

Tabela 2. Contagem das pesagens válidas.

Nº pesagens válidas	26 jan. (ter.)	27 jan. (qua.)	28 jan. (qui.)	29 jan. (sex.)	30 jan. (sáb.)	31 jan. (dom.)	1 fev. (seg.)	Pesagens totais
Húmidos	28	29	30	20	24	23	24	178
Secos	29	29	29	18	25	25	24	179

As quantidades totais de resíduos pesadas em cada dia encontram-se na Tabela 3. Independentemente do número de pesagens realizadas, verifica-se uma grande variabilidade nos resultados: o valor do dia de maior produção mais do que triplica o valor do dia de menor produção. Porém a duração do estudo e tamanho da amostra são insuficientes para se poder verificar a existência de padrões regulares de produção de resíduos conforme o dia da semana.

Embora exista sempre a incerteza de não se saber se as famílias colocaram todos os seus resíduos nos sacos disponibilizados, o grau de colaboração observado foi alto e a separação dos resíduos foi feita de forma satisfatória na maior parte dos casos.

Tabela 3. Quantidades de resíduos pesadas.

Peso dos resíduos (kg)	26 jan. (ter.)	27 jan. (qua.)	28 jan. (qui.)	29 jan. (sex.)	30 jan. (sáb.)	31 jan. (dom.)	1 fev. (seg.)	Totais
Húmidos	60,9	75,8	31,1	30,9	53,7	41,8	82,2	376,4
Secos	9,6	18,7	9,0	11,9	23,7	13,2	16,4	102,6

Conhecendo o número de pessoas existente em cada família e o período entre recolhas sucessivas foi possível calcular a capitação diária (produção de resíduos por habitante e por dia) correspondente a cada pesagem. O conjunto de todos os valores foi representado na forma de histograma para os resíduos húmidos (figura 10) e para os resíduos secos (figura 11).

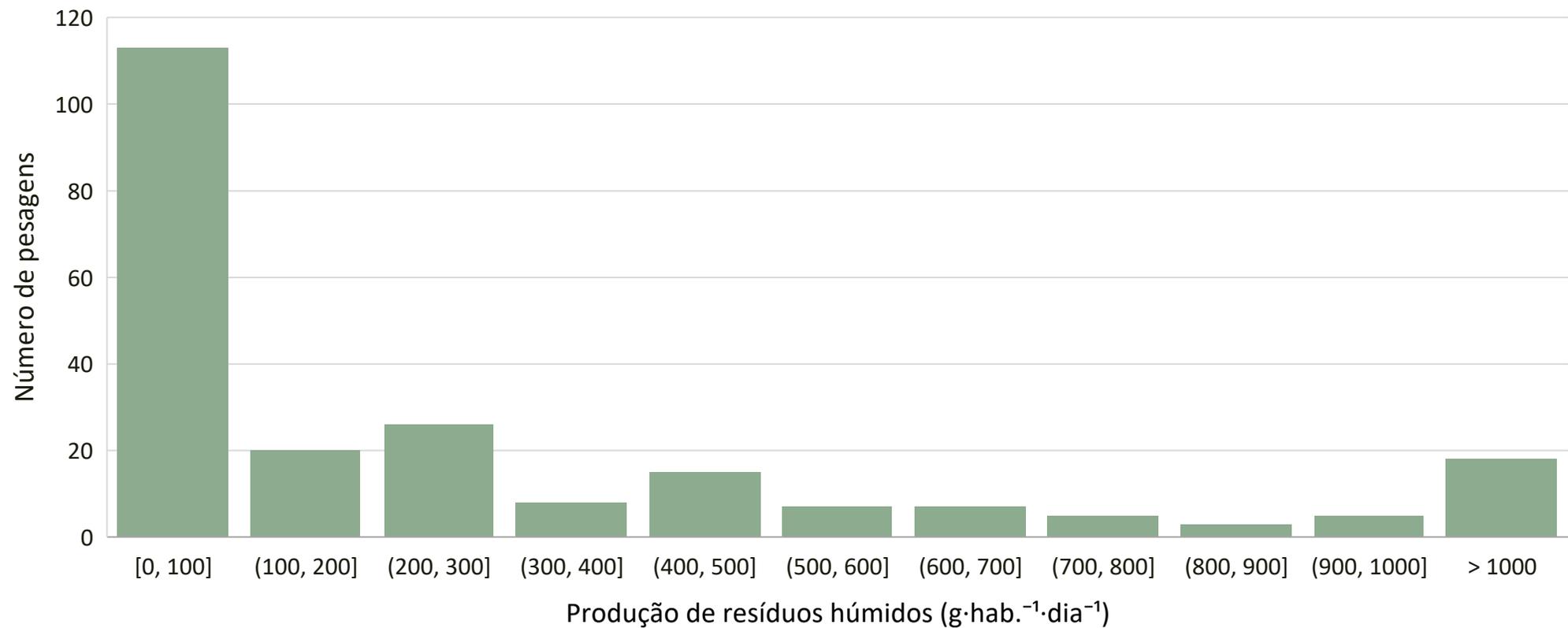


Figura 10. Produção diária de **resíduos húmidos** por habitante, medida durante a campanha de pesagem de resíduos no Bairro da Boa Morte em janeiro-fevereiro 2021.

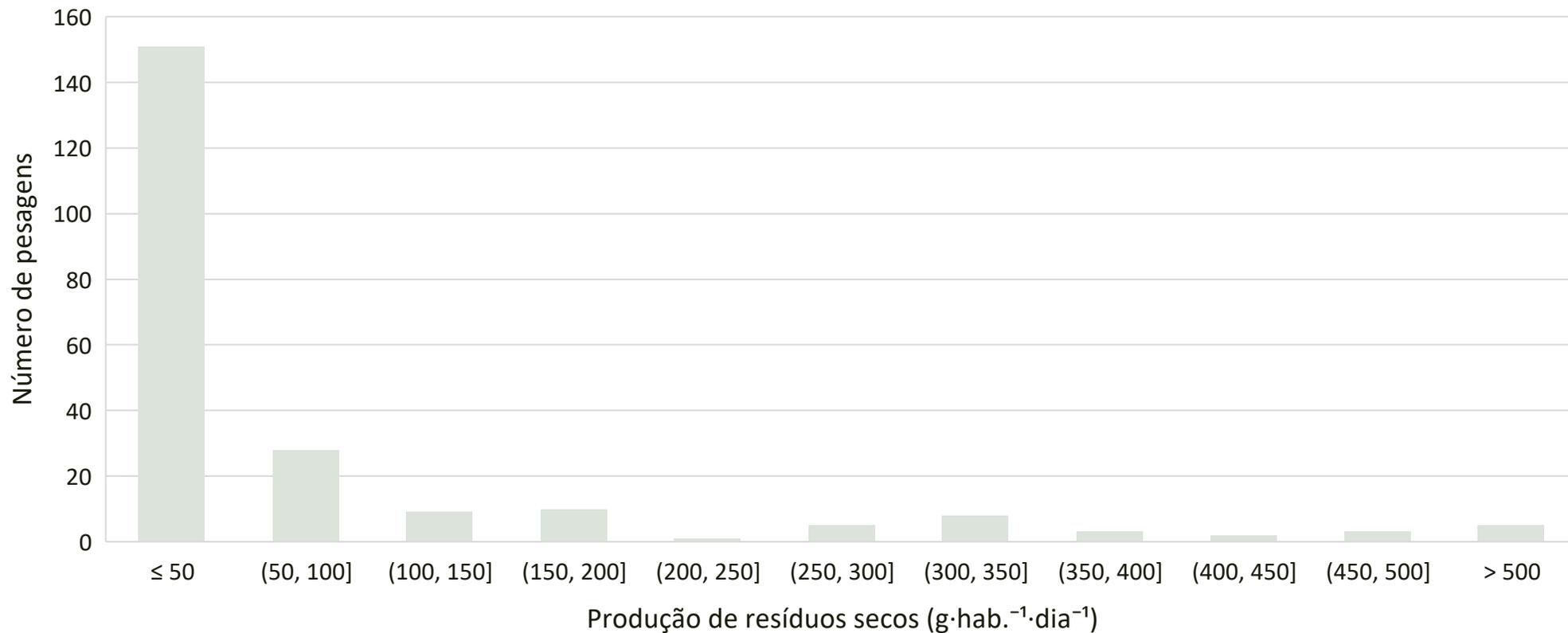


Figura 11. Produção diária de **resíduos secos** por habitante, medida durante a campanha de pesagem de resíduos no Bairro da Boa Morte em janeiro-fevereiro 2021.

Com base nas pesagens que foram consideradas válidas, e tendo em conta o número de pessoas em cada família participante, foram apurado que cada habitante produz em média **400 g por dia (± 260 g) de resíduos húmidos e 100 g por dia (± 80 g) de resíduos secos**, o que significa uma **produção diária por habitante de 500 g, dos quais 80% são húmidos e 20% secos.**

Como já indicado, a variabilidade dos resultados é alta: vê-se que o desvio padrão (apresentado entre parêntesis) equivale a mais do 50% do valor do resultado. Isto indica a existência de comportamentos muito diferentes entre si. O resultado só poderia ser melhor apurado com um estudo mais amplo e prolongado no tempo.

O resultado está concordante com valores obtidos para o distrito de Água Grande ($450 \text{ g}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) no âmbito dos trabalhos do Plano Nacional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (PNGIRSU) 2018-2023². Pode dizer-se que a capitação diária de resíduos da Boa Morte é comparável à média do distrito, o qual é sinal de alguma robustez do resultado.

Se os resultados forem analisados tendo em conta cada um dos dois períodos de pesagens, verifica-se que a capitação diária foi de $430 \text{ g}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ entre terça e sexta-feira, e de $600 \text{ g}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ entre sábado e segunda-feira. Isto mostra que durante a fim de semana tende a haver maior consumo, provavelmente devido a uma maior atividade familiar e vida social em casa.

2.3 Caracterização física de resíduos

Os resíduos produzidos durante a primeira fase da campanha de pesagens foram utilizados para realizar uma caracterização física, que consistiu na triagem manual dos resíduos e posterior pesagem das respectivas classes consideradas (figura 12). Apenas foram caracterizados os resíduos das famílias cujas pesagens foram consideradas válidas, para assim garantir a coerência da amostra.

Este procedimento foi repetido na segunda fase da campanha de pesagens, mas neste caso só com os resíduos secos.

Foi também realizada uma caracterização dos resíduos recolhidos nos caixotes de rua colocados no bairro no âmbito do projeto.

As classes de resíduos foram classificadas conforme a tabela 4.



Figura 12. Campanha de caracterização física de resíduos: triagem dos resíduos, separando em diferentes frações para depois serem pesadas. (Bairro da Boa Morte, janeiro–fevereiro 2021)

Tabela 4. Classes de resíduos definidas para a caracterização física.

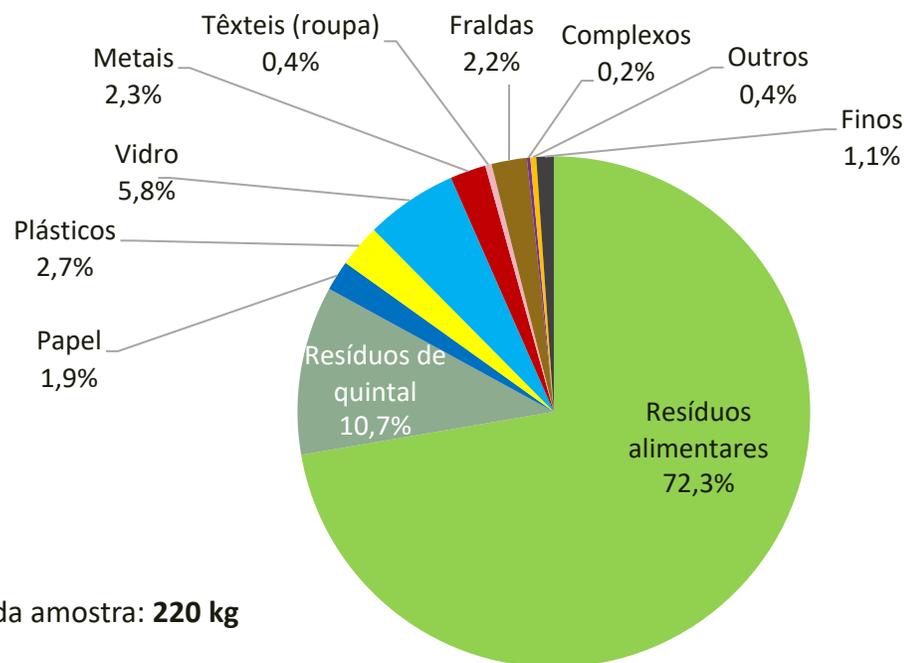
Fração	Classe / subclasse	Descrição	
Húmidos	Resíduos alimentares	Restos de alimentos: partes não comestíveis (cascas, caroços, espinhas, ossos) e comestíveis (comida não consumida)	
	Resíduos de quintal	Resíduos das atividades desenvolvidas em hortas e quintais: folhas, capim, ramos, troncos e restos de poda	
Secos	Papel	Embalagens de papel e cartão/papelão em geral	
	Plásticos	Filmes	Películas plásticas em geral (de polietileno e polipropileno)
		Rígidos	Embalagens de plástico
	Vidro	Embalagens de vidro (garrafas)	
	Metais	Sucata de ferro	Peças e elementos de ferro
		Latas	Embalagens de lata (de alumínio e de ferro)
	Têxteis	Roupa	Roupa, panos e tecidos em geral
		Têxteis sanitários	Materiais para higiene: fraldas, pensos, tampões (lixo de casa de banho)
	Secos	Perigosos	Pilhas e baterias
			Produtos químicos
			Resíduos hospitalares
		Complexos (compostos por vários materiais)	Embalagens de bebidas
			Lâmpadas
		Madeira	Madeira em geral, serradura
		Inertes	Materiais minerais: pedras, resíduos de construção
Outros		Embalagens de bebidas	
		Lâmpadas	
Finos		Partículas < 2 cm: varreduras, pó, cinzas	

A figura 13 mostra algumas imagens dos resíduos triados. A maior parte dos resíduos alimentares são cascas de banana, jaca e outros frutos. Não há grande presença de restos cozinhados: estes são habitualmente dados aos animais domésticos. Nos materiais metálicos, muitos são latas de bebidas refrigerantes (ex.: Compal, Sumol). Em geral, a presença destas latas nos resíduos é uma constante. Além dos restos de roupa, na categoria de «Outros», contam-se bastantes chinelos (calçado típico) descartados.



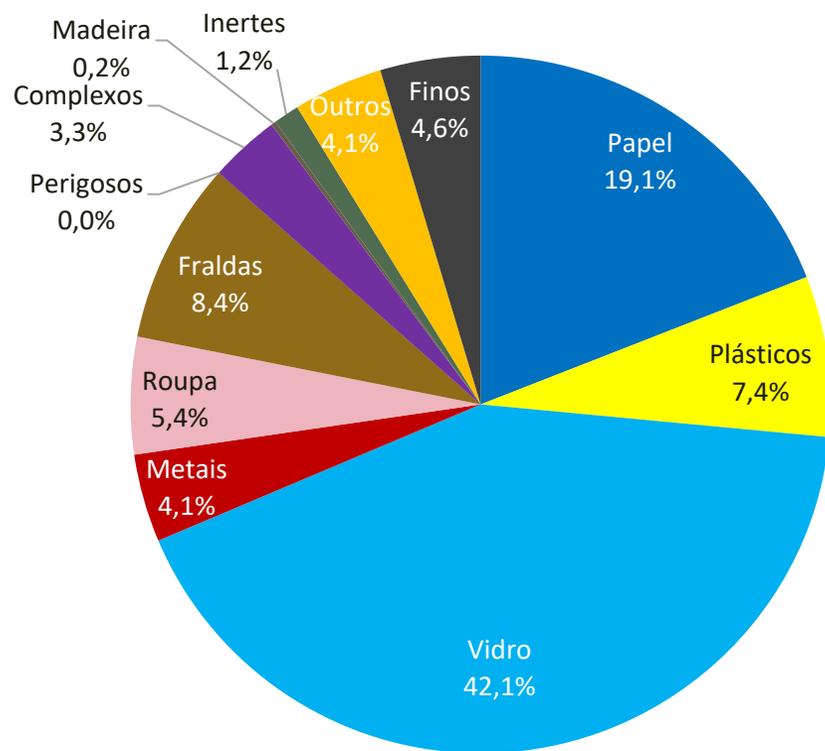
Figura 13. Algumas imagens dos resíduos triados durante a caracterização física de resíduos nas categorias “resíduos alimentares” (à esquerda), “materiais metálicos” (ao centro) e “outros” (à direita). (Bairro da Boa Morte, janeiro–fevereiro de 2021)

Os resultado da caracterização física dos resíduos na primeira fase mostram que os resíduos “húmidos” (alimentares e de quintal) constituem **83% do total** (figura 14). Esta percentagem é superior às registadas no PNGIRSU² para o distrito de Água Grande (53%) e para o conjunto de São Tomé e Príncipe (58%). A diferença pode ser explicada pelo facto de que a caracterização incluiu exclusivamente resíduos produzidos por famílias (não incluindo atividades comerciais), portanto a presença dos restos alimentares é maior face aos materiais de embalagem.



*Peso total da amostra: **220 kg**

Figura 14. Composição física de resíduos domésticos. (Bairro da Boa Morte, janeiro–fevereiro 2021)



*Peso total da amostra: **43 kg**

O resultado da caracterização física dos resíduos da segunda fase serve para apurar melhor a composição dos resíduos “secos”, dentro dos quais o vidro é predominante (figura 15). Isto é em parte explicado porque, sendo o vidro o material de maior peso específico (densidade aparente), especialmente se estiver partido, na representação por peso tende a ser favorecido face a outros materiais mais leves.

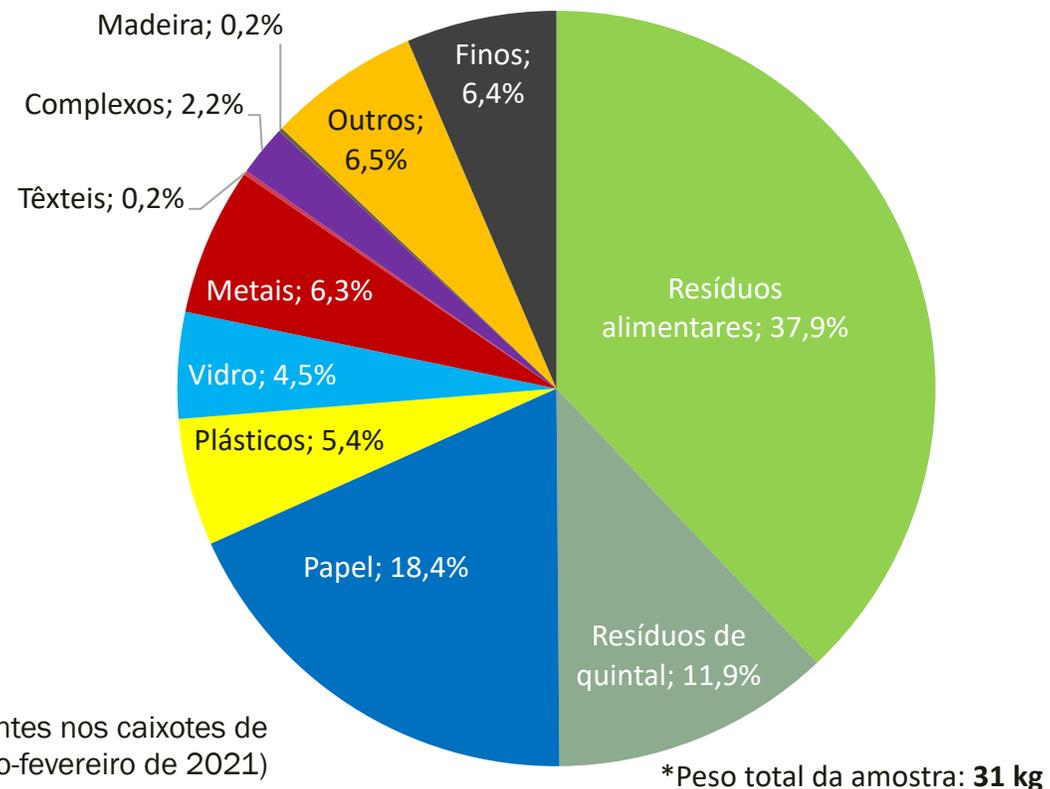
Porém, a percentagem elevada do vidro também poderá ser justificada porque algumas famílias aproveitaram a recolha de resíduos desta campanha para fazer arrumações em casa, colocando nos sacos embalagens de vidro (garrafas velhas) que estavam em casa armazenadas.

Figura 15. Distribuição percentual dos resíduos domésticos secos em diferentes categorias. (Bairro da Boa Morte, janeiro–fevereiro 2021)

O resultado da caracterização física dos resíduos presentes nos caixotes de rua do bairro (figura 16) mostra uma composição que se justifica pelo facto destes estarem em locais de passagem, onde as pessoas compram, consomem e descartam de seguida a respetiva embalagem.

Há também comerciantes (ex.: quitandas) que colocam os seus resíduos nos caixotes. Isto é evidenciado pela significativa quantidade de papel, que corresponde em grande parte a embalagens (caixas), provenientes das quitandas.

Figura 16. Caracterização física dos resíduos presentes nos caixotes de rua. (Bairro da Boa Morte, janeiro-fevereiro de 2021)



2.4 Avaliação técnica do modelo de recolha

2.4.1 Análise do circuito de recolha

A recolha é realizada por um motoqueiro com uma motocarrinha (motor de 150 cm³ a gasolina) e eventualmente acompanhado por um cantoneiro. Esta recolha tem lugar 3 vezes por semana: à segunda, quarta e sexta-feira. Em janeiro de 2021 o circuito incluía 18 pontos de recolha:

- 6 caixotes de rua
- 7 habitações particulares
- 4 quitandas (lojas)
- 1 lar

Foram realizadas gravações georreferenciadas dos circuitos de recolha, representados na figura 17. O motoqueiro precisou entre 1,5 e 3 horas para completar a recolha, dependendo do dia. Durante esse tempo precisa de ir entre 2 e 3 vezes à lixeira, que é o destino final dos resíduos recolhidos. Alguns dados relativos ao percurso realizado são:

- Distância total: 10,81 km (com 3 deslocações à lixeira)
- Velocidade média: 14 km/h
- Velocidade máxima: 44 km/h



- Trajeto 1
- Trajeto 2
- Trajeto 3
- Regresso

Figura 17. Circuitos da recolha comunitária no Bairro da Boa Morte. (janeiro 2021)

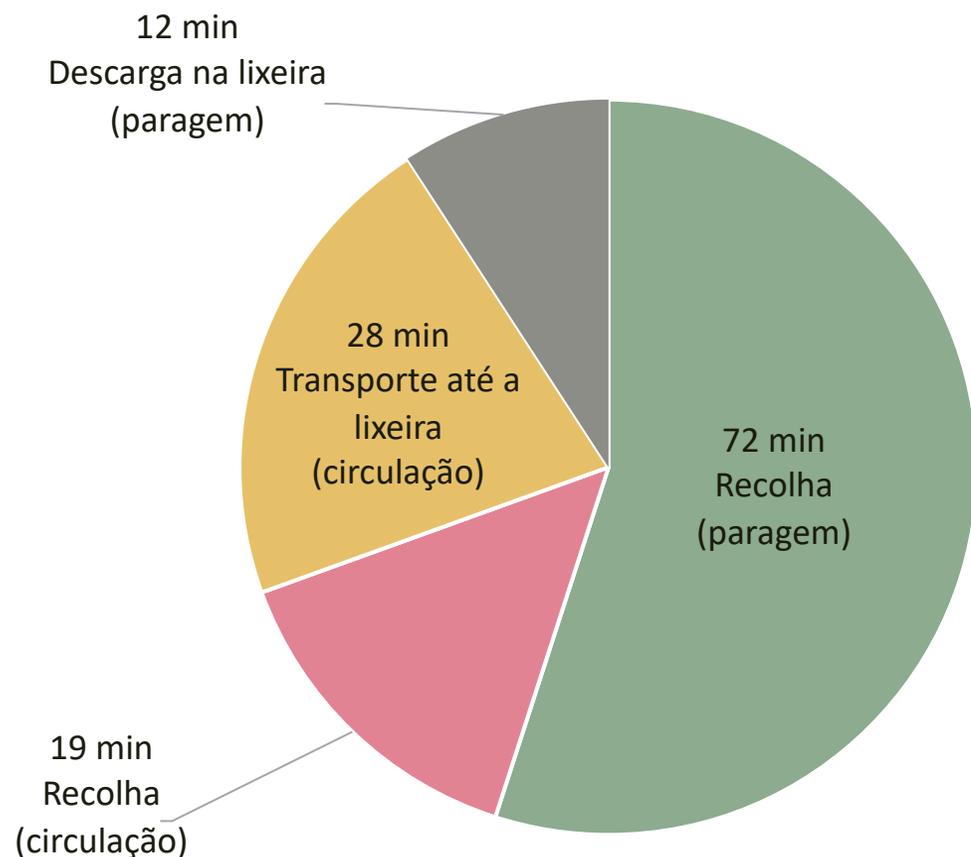


Figura 18. Distribuição temporal do circuito de recolha no Bairro da Boa Morte. (janeiro 2021)

Da gravação do percurso obteve-se que este demorou 131 minutos, distribuídos da seguinte forma (figura 18):

- Tempo de circulação: $19 + 28 = 47 \text{ min}$
- Tempo de paragem: $72 + 12 = 84 \text{ min}$

Verifica-se que a motocarrinha consome mais tempo parada do que a circular.

Comparando o tempo gasto com a operação de recolha propriamente dita com aquele gasto na deslocação até à lixeira vem a seguinte distribuição:

- Tempo gasto na recolha: $19 + 72 = 91 \text{ min}$
- Tempo para transporte e descarga na lixeira: $28 + 12 = 40 \text{ min}$

O tempo médio de paragem em cada ponto de recolha é assim igual a $72/18 = 4 \text{ minutos}$

2.4.2 Análise do veículo de recolha



Figura 19. Motocarrinha de recolha carregada de resíduos no Bairro da Boa Morte. (fevereiro 2021)

A principal limitação da motocarrinha é a baixa capacidade de carga (figura 19): o volume da caixa (até à altura da porta traseira) foi medido em $0,64 \text{ m}^3$. Assumindo um peso específico de 100 kg/m^3 para os resíduos, corresponde a uma carga de 64 kg. Acrescentando o peso das duas pessoas, a carga total aproxima-se dos 200 kg.

O peso máximo que é possível transportar teoricamente é de 600 kg, mas a recomendação é não ultrapassar os 300 kg para um funcionamento ótimo.

Atualmente, muitos pontos de recolha correspondem a quitandas e caixotes de rua. Portanto, o peso específico dos resíduos será menor ao indicado anteriormente, tornando-se o volume o fator limitante da operação. Não é possível encher a caixa além da altura dos taipais, por causa do perigo da carga cair ao exterior. Não há elementos para segurar a carga.

O pequeno tamanho das rodas limita a capacidade do veículo para transitar pelo terreno irregular das zonas interiores do bairro. A velocidade nestes caminhos reduz-se até ser comparável com uma pessoa a pé (<10 km/h), e o desgaste é maior.

A carga e descarga é um processo moroso que deve ser feito manualmente (figura 20). Mesmo que possível, torna-se complicado bascular a motocarrinha entre duas pessoas (o taipal aberto bate no chão).

Além do anterior, como os resíduos são transportados diretamente na caixa sem outro recipiente contentor, isto obriga à lavagem da motocarrinha no final do trabalho.

Por último, por vezes o veículo é utilizado para transportar duas pessoas (motoqueiro e cantoneiro), sem estar adaptado para isso.



Figura 20. Carga manual da motocarrinha de recolha.
(Foto: Bairro da Boa Morte, fevereiro 2021)

A principal vantagem do modelo reside no facto da lixeira ficar perto da área de recolha (1,5 km do ponto de início), o que compensa a pouca capacidade de carga: é possível fazer todas as deslocações até a lixeira sem demorar muito tempo nem consumir demasiado combustível.

As experiências publicadas em literatura técnica recomendam o uso de motocarrinhas na recolha de resíduos quando a distância ao destino final for inferior a **5 km** (como neste caso)³. Também, o pequeno tamanho possibilita que a motocarrinha circule por caminhos estreitos onde outros veículos motorizados dificilmente chegariam.

O modelo de veículo escolhido é tecnologicamente simples (a manutenção não é complexa) e comum no país, o que facilita encontrar peças de substituição (ainda que não sempre de qualidade) e pessoal experiente para fazer reparações.



Figura 21. Motocarrinha em circulação. (Foto: Bairro da Boa Morte, fevereiro 2021)

2.5 Avaliação ambiental

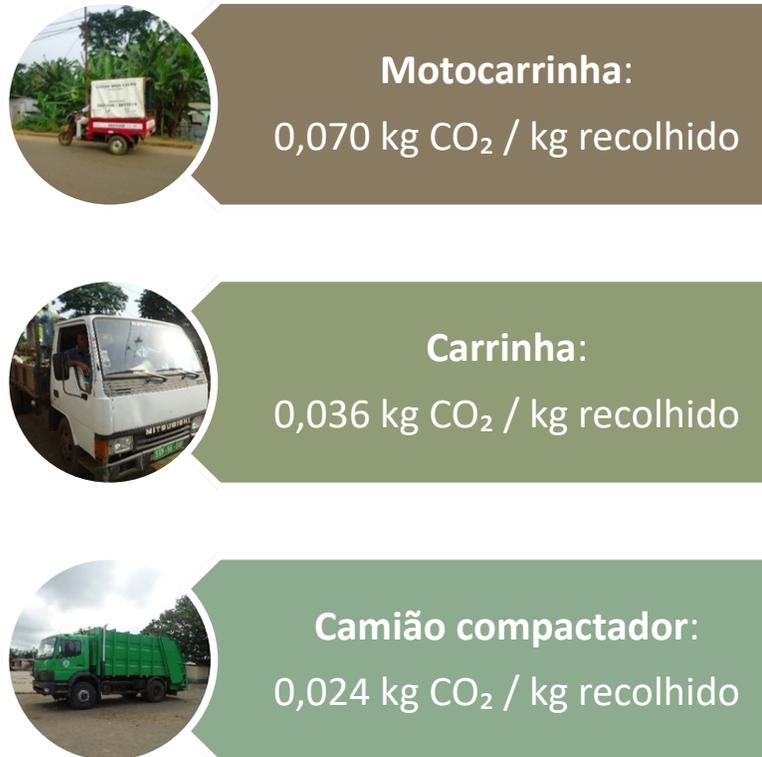


Figura 22. Comparação da pegada de carbono por tipo de veículo.

O consumo de combustível foi estimado pelo motoqueiro em **3 litros de gasolina** para um dia de trabalho. Com base neste dado e no tipo de veículo, foi calculada a **pegada de carbono** (equivalência em emissões de CO₂) do modelo de recolha. Assumiu-se um dia de recolha como equivalente a um transporte de 2 pessoas e 3 cargas de 70 kg de resíduos, completando a distância de 10,81 km: o resultado foi de: **9,9 kg CO₂ equivalentes** emitidos por dia de recolha.

Foi feita uma comparação (figura 22) com outros veículos de recolha, caso estes fossem hipoteticamente utilizados no mesmo circuito. Tendo em conta que a maior capacidade dos outros veículos facilita a otimização, (o caminhão pode carregar até 100 vezes mais peso do que a motocarrinha), **a escolha desta motocarrinha é aceitável em termos ambientais**: a sua pegada de carbono só é o dobro da carrinha, e menos do triplo do caminhão compactador.

Pelo contrário, o cálculo dos parâmetros de desempenho ambiental do circuito relativos ao consumo de combustível e à distância face a quantidade de resíduos recolhida, mostra resultados menos satisfatórios (Tabela 5). Para efeitos de comparação, foram incluídos os mesmos parâmetros calculados pelo CERNAS para a recolha de resíduos urbanos no centro da cidade de Aveiro (Portugal).

Tabela 5. Parâmetros de desempenho do modelo de recolha.

Parâmetro	Valor (Boa Morte)	Valor (Aveiro)
Consumo / Quantidade recolhida	14,3 L gasolina / t resíduos	4,2 L gasóleo / t resíduos
Distância / Quantidade recolhida	51,5 km / t resíduos	5,6 km / t resíduos
Consumo / Distância	27,75 L gasolina / 100 km	75,20 L gasóleo / 100 km

O resultado dá ideia da grande dispersão dos pontos de recolha, que não corresponde à densidade populacional. Isto é: ao ritmo atual, a motocarrinha precisaria percorrer mais de 50 km para recolher 1 tonelada de resíduos; no entanto só no próprio bairro da Boa Morte uma população de quase 3500 pessoas concentrada em menos de 5 km está a produzir 1,75 toneladas diárias (conforme o resultado de $0,5 \text{ kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ obtido nas pesagens).

Portanto, para um melhor desempenho convém ter pontos de recolha mais próximos entre si.

2.6 Avaliação económica

Na tabela 6 apresenta-se a estrutura de custos construída com as informações recolhidas sobre a gestão do modelo.

Conclui-se que as receitas de aderentes ao serviço não garantem a sustentabilidade económica (não cobrem as despesas). O resto é pago por meio dum contributo externo à recolha de resíduos: o aluguer da motocarrinha ao motoqueiro nos dias em que não há recolha. Este aluguer consiste num pagamento teórico de 140 Db/dia pelos dias sem recolha; preço inferior ao mínimo de mercado (200 Db/dia).

Esta diferença justifica-se pelo facto do motoqueiro assumir o pagamento da gasolina e outras despesas, e também porque não recebe remuneração pelo trabalho.

Tabela 6. Estrutura mensal de custos do modelo de recolha.

Receitas / mês	Despesas / mês
12 famílias e quitandas aderentes: 100 Db x 12 famílias = 1200 Db	Manutenção: 1250 Db
Aluguer da motocarrinha: 140 Db x 18 dias = 2520 Db	Seguro: 396 Db
	Renovação pneus: 250 Db
	Renovação lona: 100 Db
	Impostos: 3 Db
	EPIs: 107 Db
	Telemóvel: 115 Db (novo)
Subtotal: 3720 Db	Subtotal: 2221 Db
Despesas assumidas pelo motoqueiro (1170 Db)	Consumo gasolina: 1170 Db
TOTAL: 4890 Db	TOTAL: 3391 Db

Na verdade, o preço de 140 Db/dia resulta demasiado alto para o motoqueiro. A quantidade total paga supera o preço de mercado do aluguer (tabela 7):

$$200 \text{ Db} \times 18 \text{ dias} = 3600 \text{ Db} > 3690 \text{ Db}$$

Seria mais razoável propor um valor do aluguer mensal com base na proporção correspondente das despesas fixas (ver tabela 6):

$$2221 \text{ Db} \times 18/30 \text{ dias} = 1333 \text{ Db} \Rightarrow 74 \text{ Db/dia}$$

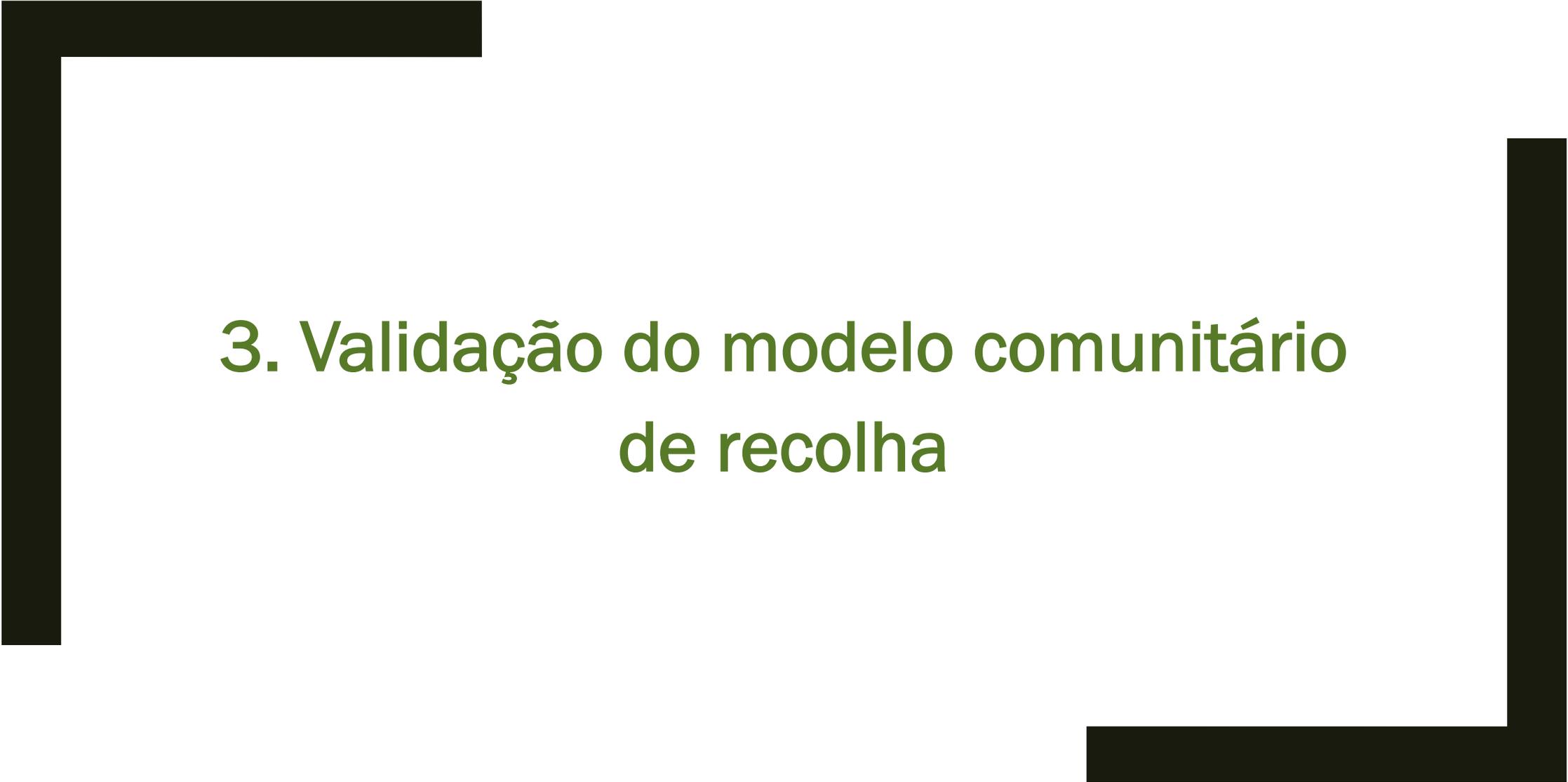
A sustentabilidade do modelo não fica comprometida (ver tabelas 6 e 7):

$$2863 \text{ Db} + 1200 \text{ Db} =$$

$$4063 \text{ Db/mês (receitas)} > 3391 \text{ Db/mês (despesas)}$$

Tabela 7. Custos para o motoqueiro.

Atualmente	
Aluguer da motocarrinha: (140 Db x 18 dias)	2520 Db/mês
Consumo gasolina: (90 Db x 12 dias)	1170 Db/mês
TOTAL	3690 Db/mês
Nova proposta	
Aluguer da motocarrinha: (74 Db x 18 dias)	1333 Db/mês
Gasolina + cantoneiro	1530 Db/mês
TOTAL	2863 Db/mês

The slide features two large, thick black L-shaped brackets. One is positioned in the top-left corner, and the other is in the bottom-right corner, framing the central text.

3. Validação do modelo comunitário de recolha

3. Validação do modelo comunitário de recolha

3.1 Modelo de custos e receitas

O objetivo mínimo de sustentabilidade financeira é que o sistema de gestão de resíduos consiga suportar os custos correntes com as receitas próprias do serviço. No caso do Bairro da Boa Morte, um primeiro passo consistiria em assumir todas as despesas (nomeadamente, o combustível) como próprias e sem depender do aluguer da motocarrinha. Para isto, é preciso incorporar novos aderentes que paguem pelo serviço.

Para perceber se isso é possível no sistema atual de recolha porta-a-porta foi desenvolvido com os dados recolhidos um modelo de custos que permite estimar a evolução das despesas e das receitas em função do número de famílias e de lojas que adiram ao serviço de recolha.

O modelo está estruturado em 4 módulos: (1) Produção de resíduos, (2) Tempo de trabalho, (3) Distância e (4) Despesas e Receitas.

Este modelo assenta nos seguintes pressupostos:

- Foram definidos três grupos de «aderentes»: famílias, comércio e pequeno caixotes de rua. Cada grupo tem a sua produção de resíduos húmidos e secos *per capita*, peso específico dos resíduos e tarifa mensal paga (não aplicável aos pequenos caixotes).
- Os novos aderentes ficarão no percurso de recolha já estabelecido, portanto a distância percorrida no circuito de recolha estrito não aumenta com o número de aderentes. Mais aderentes significa mais resíduos a transportar e isso são requeridas mais deslocações de e para a lixeira no mesmo dia de recolha.
- O número de trajetos necessários tem por base o peso e o volume dos resíduos recolhidos: cada vez que o veículo atinge o seu limite de carga, uma nova deslocação à lixeira é adicionada.
- O tempo requerido para o circuito de recolha aumenta com o número de aderentes: aumenta o tempo das paragens para a recolha e aumenta o tempo requerido para as deslocações e descargas na lixeira.

Para o desenvolvimento do módulo de Despesas e Receitas foram feitas as seguintes considerações:

- Foram incluídas duas fontes de receitas: a tarifa mensal paga pelos aderentes domésticos (famílias) e não-domésticos (comércio); e o aluguer da motocarrinha nos dias sem recolha.
- Há dois tipos de custos: aqueles que não dependem do número de aderentes (custos fixos) e aqueles que dependem (direta ou indiretamente) desse número de aderentes – custos variáveis.
- Os custos fixos compreendem: seguro, impostos, equipamentos de proteção individual e a tarifa de comunicações móveis (uso do telemóvel).
- A manutenção, renovação dos pneus e consumo de combustível (gasolina) são variáveis e dependem diretamente da distância percorrida durante a recolha.
- O salário do motoqueiro (se houver) depende do tempo requerido para completar o trabalho cada dia e do número de dias de recolha por semana.

A tabela 8 mostra a lista dos parâmetros que é necessário preencher para o funcionamento do modelo. Os valores da tabela refletem a situação encontrada aquando da visita realizada entre janeiro e fevereiro de 2021 (**cenário base**), mas poderão ser alterados para experimentar diferentes cenários.

Tabela 8. Parâmetros e informações necessárias para o modelo de custos e receitas da recolha de resíduos na Boa Morte.

Módulo	Parâmetro	Valor
Produção de resíduos	Pessoas por família	5
	Produção diária de resíduos húmidos per capita	0,4 kg
	Produção diária de resíduos secos per capita	0,1 kg
	Resíduos colocados nos pequenos caixotes de rua por semana	15.54 kg
	Peso específico dos resíduos domésticos e comerciais	75 kg/m ³
	Peso específico dos resíduos nos pequenos caixotes de rua	50 kg/m ³
	Número de pequenos caixotes de rua	6
	Volume máximo de resíduos admitido na motocarrinha	0,64 m ³
	Peso máximo de resíduos admitido na motocarrinha	150 kg
Distância percorrida	Distância média até a lixeira	2 km
	Distância do circuito de recolha (sem trajeto até/desde a lixeira)	4 km
Tempo de trabalho	Tempo requerido para a deslocação até a lixeira, descarga e regresso para continuar o circuito	13.3 min
	Tempo para a deslocação entre os pontos de recolha (excluindo o trajeto de/para a lixeira)	19 min
	Tempo de paragem para a recolha em cada aderente (doméstico e não doméstico)	4 min
	Tempo de paragem para a recolha em cada pequeno caixote de rua	4 min
Despesas e receitas	Salário do motoqueiro / hora	0 STN
	Taxa diária de aluguer da motocarrinha	140 STN
	Número de dias de aluguer da motocarrinha / mês	0
	Tarifa mensal do serviço de recolha de resíduos para famílias	100 STN
	Tarifa mensal do serviço de recolha de resíduos para comércio	100 STN
	Custos de manutenção	9,62 STN/km
	Número de pneus a renovar a cada 5000 km	3
	Preço unitário de cada pneu	1068 STN
	Consumo de gasolina	27,75 L /100 km
	Custo da gasolina	30 STN/L
	Custos fixos por ano	8653 STN

3.2 Cenário base

O cenário base corresponde essencialmente à forma de funcionamento atual do sistema de recolha, mas em que os custos de combustível passam a estar incluídos nas despesas e não se contabiliza como receita o aluguer da motocarrinha, de forma a verificar a partir de que número de participantes na recolha esta se tornaria auto-sustentável do ponto de vista financeiro. O aluguer da motocarrinha pode continuar a ocorrer (uma vez que o condutor não é pago e esta é uma contrapartida pelo serviço de recolha que presta), mas este valor deixa de ser contabilizado para efeitos de sustentabilidade do sistema.

A figura 23 mostra que, a partir dum determinado número de clientes, as receitas superam o valor dos custos e o modelo consegue financiar-se a si próprio.

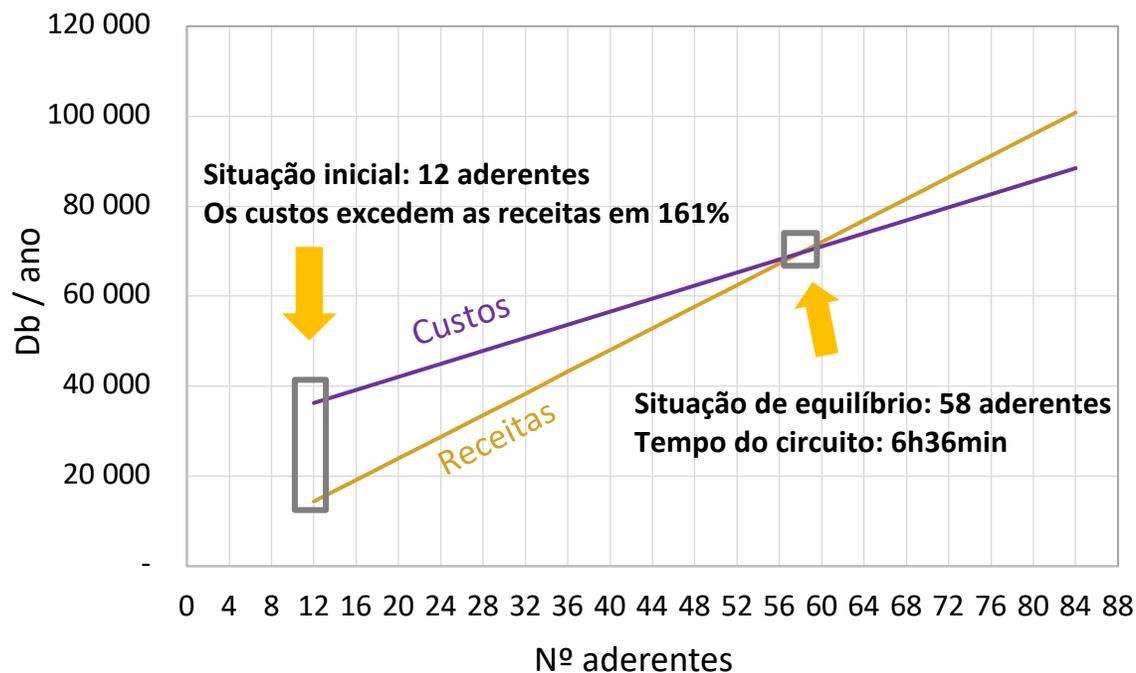


Figura 23. Comparação de custos e receitas no **Cenário Base**, à medida que novas famílias aderem ao sistema de recolha porta-a-porta

Verifica-se que o ponto de equilíbrio entre receitas e custos será atingido quando houver **58 aderentes**: 46 novos mais os atuais 12 (os 6 caixotes de rua contam para os custos mas não para as receitas).

O tempo de trabalho estimado para a recolha dos resíduos em 58 aderentes + 6 caixotes = 64 pontos num dia de trabalho seriam **6h36min**.

Este tempo é considerado excessivo para o contexto local; o recomendável é não ir muito além das 4 horas para que a duração total do trabalho seja razoável.

Se o número de aderentes (neste exemplo, apenas famílias) é progressivamente aumentado, mantendo o resto de valores constantes, o modelo reflete nos seus resultados a evolução futura das quantidades de resíduos recolhidas, distância percorrida, tempo de trabalho e os custos e receitas, a medida que esses novos aderentes sejam incorporados ao serviço, mas sem alterar os seus moldes atuais: o que corresponde ao **cenário base**. A tabela 9 mostra a representação dessa projeção.

Tabela 9. Projeções do modelo conforme ao cenário base.

Nº aderentes			Resíduos (kg/ano)	Distância percorrida (km)	Tempo de trabalho (min)	Custos totais (Db / ano)	Receitas esperadas (Db / ano)
Famílias	Comércio	Caixotes					
7	5	6	16 692	1560	131	37 639	14 400
13	5	6	22 152	1872	169	43 437	21 600
25	5	6	33 072	2184	230	49 234	36 000
37	5	6	43 992	2808	305	60 829	50 400
49	5	6	54 912	3120	366	66 626	64 800
61	5	6	65 832	3744	441	78 221	79 200

3.3 Cenário alternativo 1

Após a análise do cenário base foram desenvolvidos cenários alternativos em que o modelo de custos é usado para prever o efeito da introdução de melhorias no serviço de recolha.

Um primeiro aspeto que se prevê melhorar é incrementar a capacidade de carga da motocarrinha. Uma possibilidade para conseguir isso será ampliar a caixa da motocarrinha com peças/tábuas que sirvam como anteparo da carga. Com mais 18 cm de altura o volume de carga aumentaria dos 0,64 m³ atuais para 1 m³. Nessa condição, as deslocações para a lixeira seriam reduzidas face ao cenário base, o que se traduziria numa redução do tempo de recolha e no custo com combustível, com manutenção e com substituição dos pneus. Este seria o denominado **cenário alternativo 1**.

Nesta nova situação (figura 24) são necessárias apenas 25 novos aderentes (37 em total com os 12 iniciais) para atingir a sustentabilidade financeira mínima, significativamente menos do que no cenário base.

O tempo de trabalho para recolher os resíduos dos 37 aderentes + 6 caixotes = 43 pontos passaria de 6h36min do cenário base para **4h05min**, o que já deixa alguma margem para pausas de descanso (recomendação: 15 min a cada 2 horas) e para outras tarefas: limpeza da motocarrinha, reparações, etc.

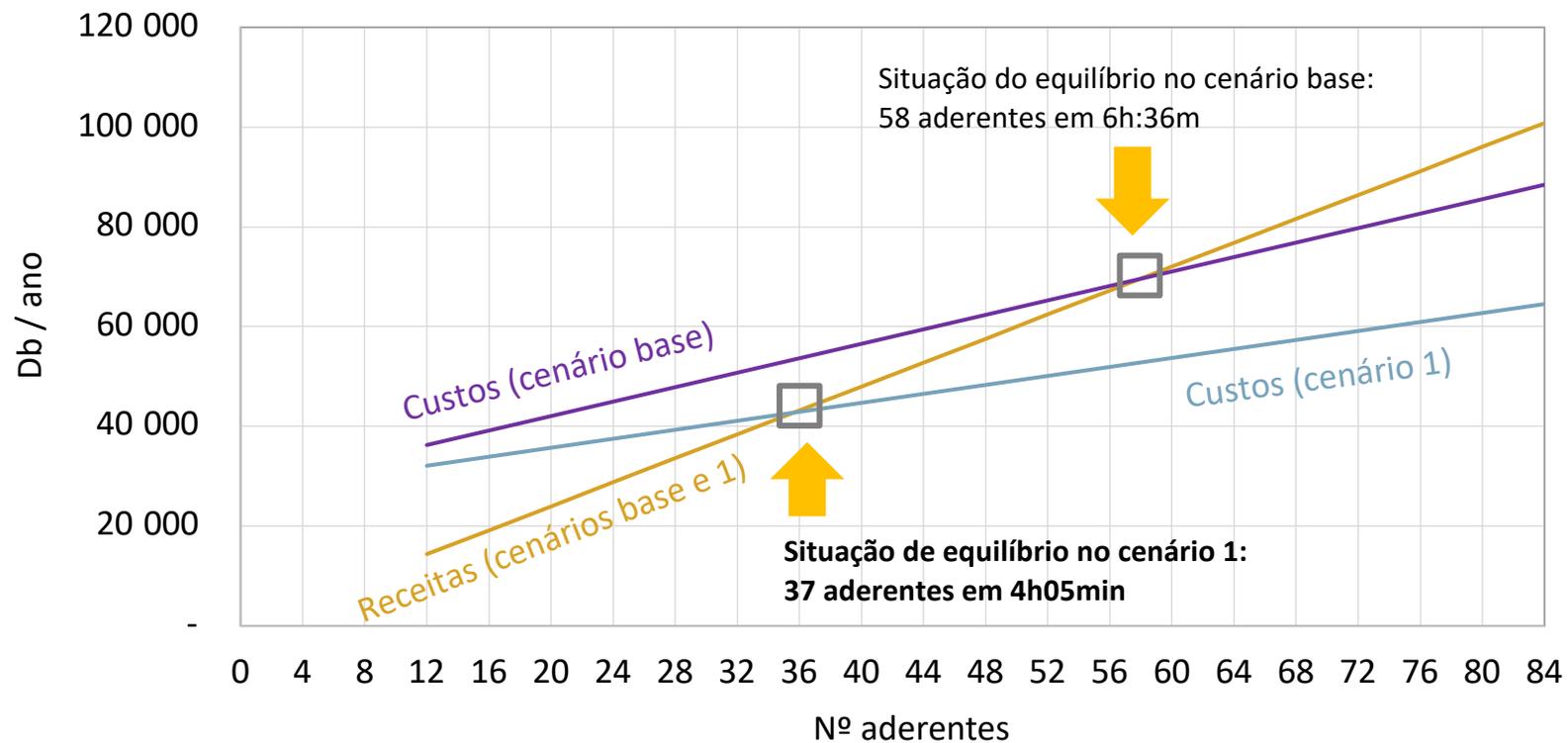


Figura 24. Comparação de custos e receitas no **Cenário Alterativo 1**, à medida que novas famílias aderem ao sistema de recolha porta-a-porta.

3.4 Cenário alternativo 2

O segundo aspecto a melhorar corresponde ao tempo médio de paragem em cada local de recolha, que foi medido como sendo de 4 minutos, tendo sido este o valor utilizado nos cenários base e alternativo 1. Para melhorar o desempenho da recolha poderia tentar-se reduzir esse tempo de paragem, por exemplo, **combinando com as famílias uma hora certa de recolha** que evite que o motoqueiro tenha que aguardar.

Assim, construiu-se um **cenário alternativo 2** com um tempo de paragem de apenas 2 minutos. Neste caso os custos não variam relativamente ao cenário alternativo 1, mas o número de clientes que se conseguiria recolher durante um tempo trabalho de 4h por dia permitiria reduzir o preço cobrado às famílias para 77 Db/mês (em vez de 100Db/mês), mantendo o equilíbrio financeiro. O valor mais baixo poderia promover a adesão de mais famílias.

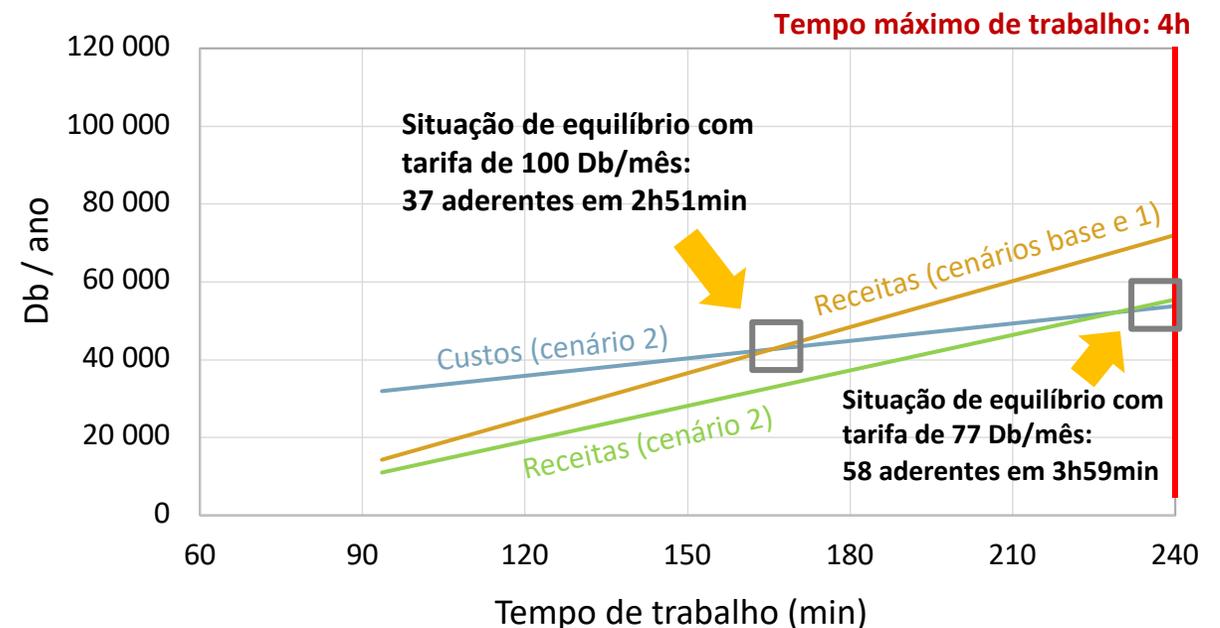


Figura 25. Comparação de custos e receitas no **Cenário Alternativo 2**, a medida que aumenta o tempo de recolha.

3.5 Outras sugestões de melhoria - Despesas de manutenção

Além do consumo de combustível, outra categoria relevante das despesas do sistema de recolha de resíduos corresponde à manutenção da motocarrinha. Um critério de guia para as despesas de manutenção é que o seu custo anual não deveria ultrapassar o **5–10% do valor inicial do veículo**³, parecendo elevando o valor de 1000 Db mensais declarado no caso do Bairro Morte. Para além de recomendações mais ou menos óbvias como não sobrecarregar a viatura ou usar um estilo de condução não agressivo, a melhor forma de reduzir esta despesa ou pelo menos, antecipar-se a ela, consiste em realizar o trabalho de manutenção de forma planificada.

Com exceção dos acidentes, a maior parte das avarias não são aleatórias: acontecem com uma certa periodicidade por causa do desgaste devido ao próprio uso do veículo. Um calendário planificado de revisão do veículo contribui a detetar estes problemas antes de que sejam graves (e o que é pior: antes de que incapacitem a viatura) e, se uma reparação simples não é possível, no mínimo ajuda a prever com certa antecedência quando é que vai chegar o encargo de ter que substituir uma peça importante.

Sugere-se como trabalho a realizar pela equipa responsável do modelo de recolha a elaboração deste calendário preventivo, com base na experiência própria adquirida na mecânica da motocarrinha: **identificar aquelas avarias e problemas que requerem uma atenção periódica e estabelecer qual essa periodicidade**. Exemplo: assim como a mudança de óleo é feita a cada X km percorridos, determinar o mesmo período em quilómetros ou meses para outros elementos: pneus, travões, correntes de distribuição, embraiagem, injetores, velas de ignição, lâmpadas, etc. e **indicar também qual o preço típico da reparação**.

3.6 Adaptação a uma recolha seletiva

Com base nos resultados da caracterização de resíduos, conclui-se que uma grande parte dos resíduos produzidos no Bairro da Boa Morte poderiam ser encaminhados para destinos finais alternativos à lixeira da Penha, nomeadamente a parte correspondente a resíduos de natureza orgânica, que compreendem 80% da massa total.

Para viabilizar este encaminhamento seletivo dos resíduos, é preciso que estes sejam separados na sua origem: nas próprias habitações e nos locais onde são produzidos. A separação dos resíduos deve ser feita desde o primeiro momento; qualquer mistura de materiais implica uma perda de qualidade para o tratamento/valorização posterior.

A separação de resíduos que se propõe para este caso consiste em duas frações: as mesmas frações *húmida* e *seca* que já foram explicadas aquando da campanha de pesagens, mas agora adaptadas para a prática da compostagem.

Esta separação em resíduos húmidos e secos tem demonstrado ser útil em países em desenvolvimento como primeiro passo para a introdução da recolha seletiva. A separação em unicamente duas frações é mais fácil (acrescentar mais frações num momento em que ainda não há um hábito criado de separar resíduos pode ser confuso). Por outro lado a diferença entre as duas frações é intuitiva: o que vem da natureza (**resíduos húmidos**) e o que foi fabricado por pessoas (**resíduos secos**).

No caso da Boa Morte, a participação na campanha de pesagem e as respostas dadas nos inquéritos reforçam este raciocínio: muitas das famílias participantes perceberam a ideia da separação em frações e a sua utilidade, e realizaram corretamente esta separação durante a campanha. O bom resultado obtido permite pensar em começar com a recolha seletiva a curto prazo, para aproveitar a sensibilização já criada

Portanto, o atual modelo de recolha poderá evoluir e ser adaptado a esta nova situação: passar de uma recolha de resíduos indiferenciada para uma recolha seletiva por frações. A dificuldade está em como concretizar esta mudança com os meios disponíveis.

Aquelas pessoas que deitam o lixo diretamente no exterior não costumam usar recipientes para colocar resíduos. Para elas, o facto de exigir que seja feita a separação em origem dos resíduos poderá ser mais uma barreira (além do preço) para não aderirem ao serviço de recolha.

Já aquelas que aderem agora ao serviço da motocarrinha, arranjam algum balde ou entregam os resíduos em sacos. Para estas não será difícil conseguir um outro balde ou mais sacos para poder concretizar essa separação de resíduos: costumam ser famílias com uma melhor situação económica e a mudança de comportamento exigida face a situação anterior é pequena.

Em relação ao próprio serviço de recolha, considera-se o mais recomendável realizar uma recolha de cada fração em separado (em circuitos diferenciados). Adicionalmente, é correto introduzir uma diferenciação (no esquema de recolha e no tarifário) entre aderentes domésticos (famílias) e não domésticos (negócios e outras atividades não domésticas). Esta diferenciação justifica-se pela distinta natureza da utilização do serviço entre os dois grupos: para as famílias enquadra-se dentro do direito à saúde pública, já para os negócios é um requerimento como consequência da sua atividade.

Isto implica reorganizar o atual esquema de recolha em função das duas frações a recolher e do tipo de produtores de resíduos (famílias ou comércio). Assim, a sugestão proposta para a recolha seletiva é:

- Passar para 4 recolhas por semana (2 dias de recolha de húmidos e 2 dias de recolha de secos.
- O intervalo de recolha de resíduos húmidos passa a ser cada 3–4 dias, o que é viável tendo em conta a boa disposição verificada no trabalho de campo e o facto de não haver restos de alimentos que causem maus cheiros. Mas requererá de algum esforço pedagógico para que as mudanças sejam aceites.
- A recolha de resíduos secos terá lugar uma vez por semana no caso das famílias.
- Para os negócios não haverá recolha separada por frações, tendo em conta que produzem maioritariamente resíduos secos.
- Considera-se introduzir uma tarifa reduzida para famílias que pratiquem a compostagem, requerendo uma única recolha semanal de resíduos secos.

Com base nos pressupostos anteriores elaborou-se um novo cenário de recolha separada (tabela 10), tendo em conta os resultados da simulação do cenário 2, anteriormente apresentado:

- Tempo de trabalho efetivo: **4 horas** por dia de recolha
- Tempo médio de paragem: 2 minutos
- Volume de carga da motocarrinha: 1 m³
- O número de aderentes de cada grupo pode variar, mas sempre dentro do número máximo de recolhas diárias que seja possível nas 4 horas de trabalho.

Neste caso, não há uma única solução possível para o modelo: esta dependerá da distribuição das recolhas em cada grupo ao longo da semana (calendário de recolha) e o valor da tarifa atribuída a cada grupo: da combinação destas duas variáveis resultará um determinado balanço final de despesas e receitas. Na tabela 10 apresenta-se um possível exemplo de distribuição do calendário de recolha e propostas de valores a cobrar pelo serviço de recolha.

Tabela 10. Exemplo de distribuição da recolha separada.

Tipo de aderente	Fração	Peso específico (kg/m ³)	Frequência de recolha	Tarifa mensal	Número	Nº de recolhas				
						2ª feira	3º feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira
Doméstico	Húmidos	150	2x semana	45 Db	78	78			78	
	Secos	50	1x semana				39			39
Doméstico + Compostagem	Secos	50	1x semana	15 Db	32		16			16
Não Doméstico	Secos	50	2x semana	100 Db	10		10			10
Caixotes	Secos	50	2x semana	---	6		6			6

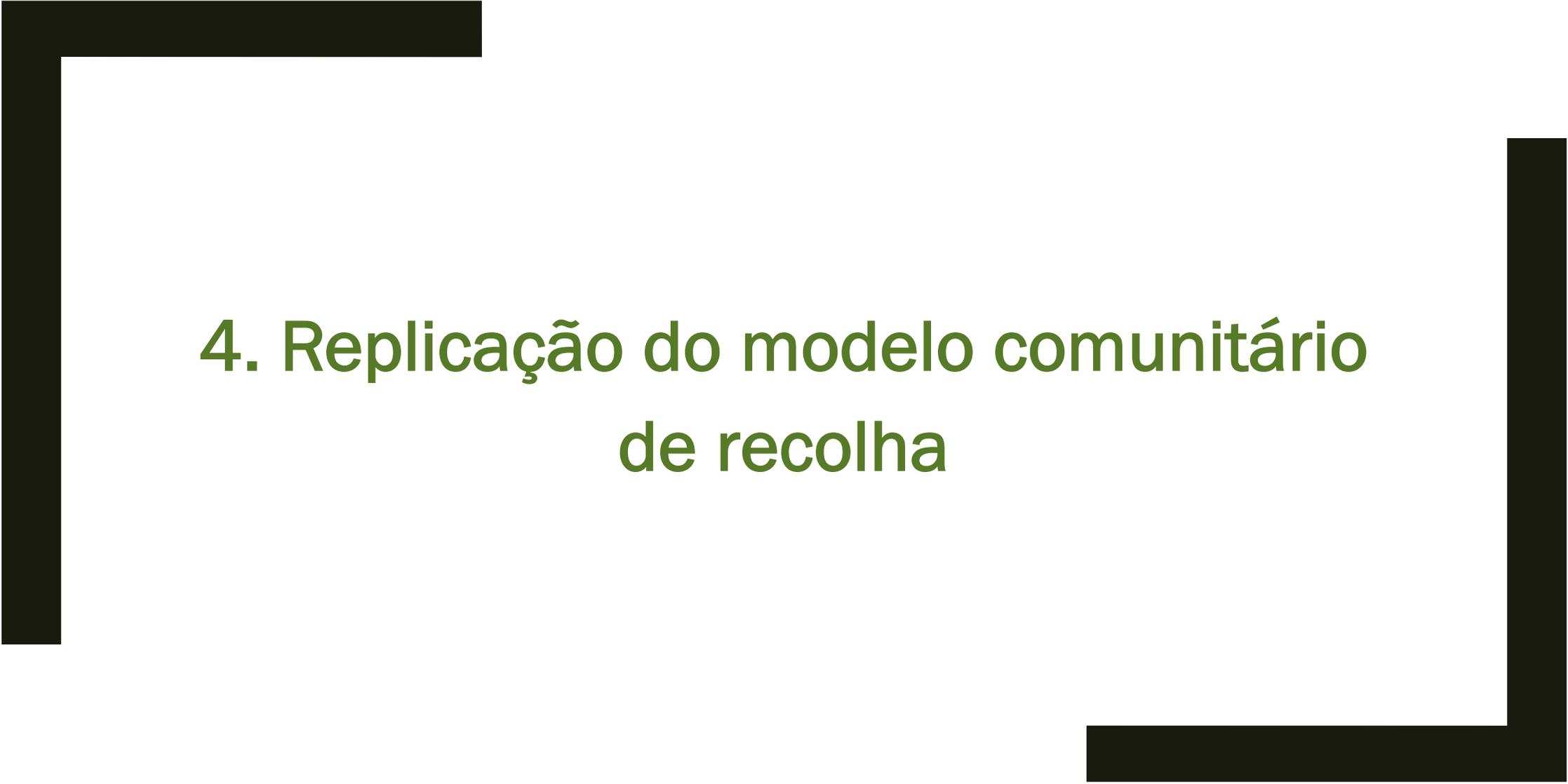
Os números de aderentes e os valores da tarifa do exemplo anterior foram considerados de forma a permitir a sustentabilidade financeira quando é calculado o balanço entre despesas e receitas (tabela 11):

Tabela 11. Projeções de custos e receitas anuais

Resíduos recolhidos	Custos anuais	Receitas anuais
78 922 kg/ano	58 896 Db/ano	59 880 Db/ano

Até o momento não foi considerado o pagamento dum salário. Isto poderá vir a acontecer caso se aumentem consequentemente as tarifas, ou se o modelo for expandido ainda mais com novos circuitos de recolha a decorrer nos dias da semana ainda disponíveis: quarta-feira e sábado (o domingo fica para descanso). Nessa situação já não fará sentido para o motoqueiro usufruir da motocarrinha por meio de aluguer e então terá que passar a ser um empregado formal com um salário.

Se a sustentabilidade económica foi já atingida no caso anterior (ver tabela 11), incluindo o combustível, então as receitas obtidas com um novo circuito poderão ser destinadas ao pagamento de um salário ao condutor da motocarrinha.

The slide features two large, thick black L-shaped brackets. One is positioned in the top-left corner, and the other is in the bottom-right corner, framing the central text.

4. Replicação do modelo comunitário de recolha

4. Replicação do modelo comunitário de recolha

Em geral, o modelo é considerado tecnicamente válido e como tal, replicável noutras bairros de características semelhantes, nomeadamente na cidade de São Tomé. Porém, deve ter-se em conta o critério técnico já indicado de que as viaturas do tipo da motocarrinha usada neste modelo têm um melhor desempenho como meio de recolha de resíduos quando o seu destino final fica perto (por causa da sua pequena capacidade de carga). A motocarrinha nunca deveria sair fora do seu bairro de referência. Para além disso, em termos de gestão do trânsito, não seria prático que muitos veículos deste tipo estivessem continuamente a deslocar-se entre a cidade e a lixeira.

Portanto, nos bairros e localidades que não estão próximos da lixeira, a proposta que parece mais adequada, existindo recursos e parceiros disponíveis é habilitar uma ou várias estações de transferência onde estes «veículos primários» possam transferir a sua carga de resíduos a outros «veículos secundários» de maior capacidade que façam o transporte até o destino final, nomeadamente: as carrinhas e camiões ao serviço da Câmara Distrital. Assim, considera-se que o modelo de recolha só poderá ser replicado nas localidades mais próximas da lixeira da Penha, como: Água Porca, Bobo Forro, Oquê-del-Rei, Riboque ou São João da Vargem (figura 26).

Um dos pontos fortes para o sucesso do modelo de recolha de resíduos na Boa Morte é a existência do Grupo Comunitário como estrutura que permite dinamizar as opiniões da comunidade em relação às necessidades coletivas, de forma a que sejam tidas em conta nas soluções implementadas, promovendo desta forma o envolvimento da própria comunidade na concretização dessas mesmas soluções. O facto de não existirem estruturas associativas semelhantes noutras localidades poderá ser um fator limitativo do modelo. Assim, valerá a pena investir esforços na criação destes grupos comunitários antes de se tentar uma replicação do modelo.

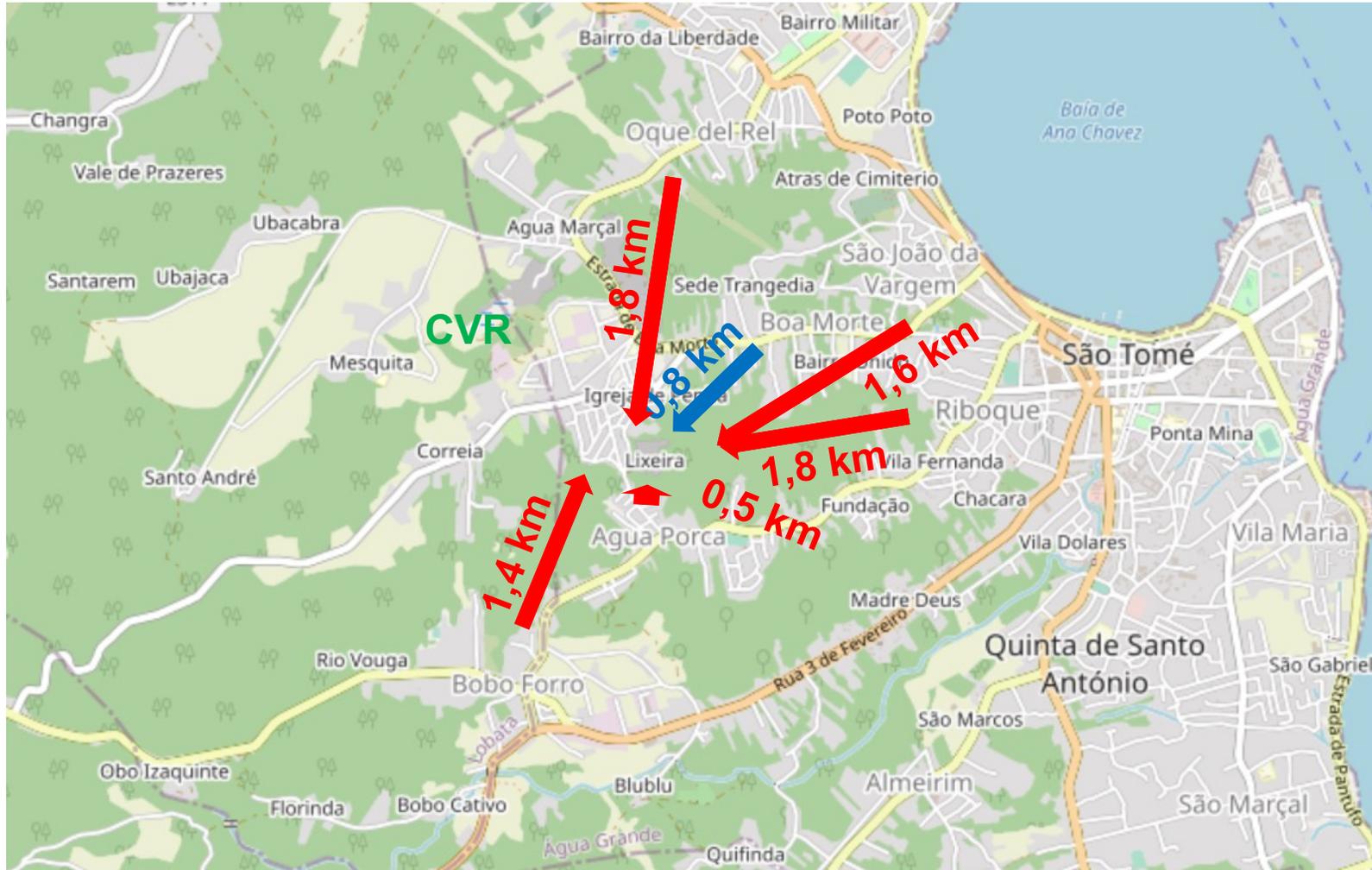
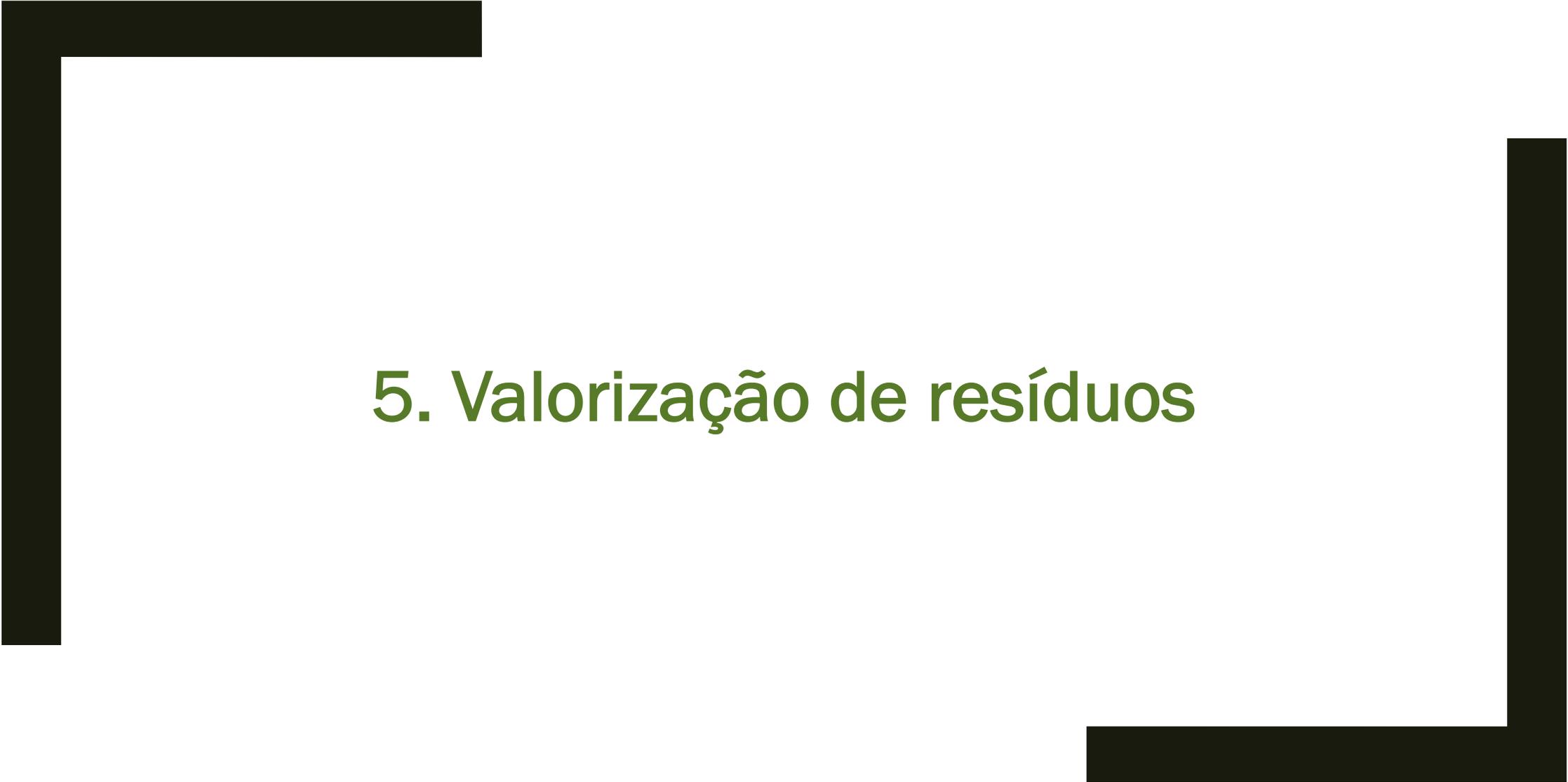


Figura 26. Possível âmbito geográfico para a replicação do modelo na cidade de São Tomé (com distâncias à lixeira).

The slide features two large, thick black L-shaped brackets. One is positioned in the top-left corner, and the other is in the bottom-right corner, framing the central text.

5. Valorização de resíduos

5. Valorização de resíduos

5.1 Compostagem dos resíduos húmidos

A recolha separada dos resíduos húmidos e secos faz sentido sempre que a fração húmida seja encaminhada para um destino final correspondente a um processo de valorização que evite a deposição na lixeira. Esse processo de valorização poderá corresponder à **compostagem**: fabricação de composto que possa ser utilizado como adubo estruturante para aplicar em solos de terrenos agrícolas. No contexto de São Tomé e Príncipe esta opção faz todo o sentido por várias razões (ver também PGIRSU 2018–2023²):

- A grande maioria dos resíduos são aptos para a compostagem, tanto na **fração verde** (resíduos alimentares húmidos), como na **fração castanha** (resíduos de quintal ou florestais secos).
- Os requerimentos tecnológicos são muito simples (especialmente se comparados com outras opções de tratamento de resíduos: produção de biogás ou incineração).
- Sendo um país com grande dependência da sua agricultura, o composto vai contribuir a aumentar a qualidade da terra ao mesmo tempo que ajuda a reduzir a dependência dos adubos de origem mineral importados do exterior.
- Mesmo que não seja usado como adubo, produzir composto é sempre melhor opção ambiental que depositar resíduos na lixeira: o composto é um material biologicamente estável, não poluente, que pode ser usado como cobertura de lixeiras ou como material de recheio em obras.

Assumida a compostagem como opção de tratamento de resíduos válida para aplicar no Bairro da Boa Morte, há que escolher entre as diferentes modalidades de compostagem existentes, dependendo da escala do processo:

- Compostagem doméstica (pequena escala): para uma família
- Compostagem comunitária (escala média): para um grupo de famílias (5–10)
- Compostagem a grande escala: para o bairro todo

Estas opções não são incompatíveis entre si: cada família do bairro poderá escolher aquela que se adapte mais às suas circunstâncias, podendo até fazer uso de mais do que uma opção.

Cada uma das opções traz vantagens e desvantagens: as duas primeiras, em sentido estrito não têm nada a ver com o modelo de recolha, pois os resíduos nem sequer chegariam a ser recolhidos, sendo tratados no mesmo local onde são produzidos. Esta situação é a mais vantajosa em termos ambientais.

Porém, a opção da compostagem doméstica só faz sentido para aquelas famílias que tenham interesse em usar o composto nos seus próprios terrenos agrícolas ou nos terrenos de outras pessoas achegadas. Esta é uma circunstância que em muitas famílias da Boa Morte não se verifica, pois este é um bairro periférico da cidade onde a agricultura não tem grande expressão; 58% das pessoas responderam nos inquéritos feitos que não têm horta ou quintal em casa.

A opção da compostagem comunitária já mostrou ter grande sucesso em Europa, e no caso da Boa Morte, o facto de algumas habitações terem já espontaneamente definido qual é o seu ponto habitual de deposição de resíduos pode ser uma oportunidade de ter algumas experiências piloto que nos permitam avaliar a possibilidade de desenvolver compostagem comunitária no bairro.

Esses pontos de deposição podem ser transformados em pilhas de compostagem coletiva, e assim os hábitos da comunidade não mudariam demasiado: iriam continuar a deitar os resíduos no mesmo lugar, só que agora de maneira controlada (para o qual precisam duma breve formação) e procurando-se sensibilizar para a separação dos resíduos não compostáveis.

Aspetos a ter em conta para a implementação de compostagem comunitária:

- Seleção do local: pode ser um dos atuais focos de lixo existentes entre as casas. Será precisa uma limpeza profunda do lugar, previamente à instalação do compostor. Será também precisa uma infraestrutura para a drenagem da água de chuva.
- A área de compostagem será **modular**: uma combinação de compostores individuais, de forma a permitir que haja sempre um módulo aberto para receber resíduos. Quando esse módulo estiver cheio, deixa de receber resíduos e fica em processo de compostagem até obter o composto final. Entretanto, um novo módulo deve estar disposto para a receção de resíduos.
- Nas experiências conhecidas em Europa, o tempo de compostagem é de 3 meses. Com certeza, nas condições climáticas de São Tomé esse tempo será mais curto. Considerando 2 meses de compostagem, podem ser dispostos três módulos, cada um a ser enchido em 1 mês. Desta forma, quando o terceiro módulo estiver cheio, no primeiro o processo estará já completo: o composto final pode ser retirado para começar de novo.
- O volume vai depender do número de famílias que participarão (tipicamente, as que estiverem à volta do lugar determinado). Se na Europa 1 m³ é suficiente para 20 famílias, tendo em conta que as famílias em São Tomé têm mais pessoas, podemos dispor 1 m³ por cada 10-15 famílias no máximo.

- Será ainda preciso contar com uma pessoa que fique responsável pelo cuidado do compostor (“mestre composteiro” ou, na terminologia do projeto: “agente ambiental”).
- Esta pessoa tem como função principal verificar periodicamente o estado do compostor (tipicamente, um par de vezes por semana). Isto inclui: medir a temperatura (60°–70° é o ótimo) e revolver a mistura.
- Se houver algum problema, tem que pôr em prática as ações corretoras correspondentes: se estiver seco, adicionar água/verdes; se estiver húmido, adicionar castanhos, etc.
- Esta pessoa também fica responsável pelas outras atividades necessárias para o correto desenvolvimento do processo: marcar qual é o módulo do compostor aberto a cada momento, retirar o composto no fim, peneirar (eventualmente) e colocar em sacos.
- Além do anterior, esta pessoa deverá estar capacitada para resolver problemas, tirar dúvidas e prestar esclarecimentos quando necessário. Especialmente, deverá realizar uma formação muito básica com as famílias que irão utilizar o compostor, explicando como devem separar os resíduos em casa e como devem ser colocados no compostor, respeitando as camadas de materiais «verdes» e «castanhos».

Por outro lado, a opção da compostagem a grande escala é possível tendo em conta a existência nas proximidades do bairro (no lugar da Correia) de um Centro de Valorização de Resíduos (CVR) gerido pelas Câmaras Distritais de Água Grande e Mé-Zóchi, e pelo Ministério de Agricultura (figura 27).

O centro tem capacidade nominal para tratar até 1000 toneladas anuais de resíduos húmidos, mas tem atualmente um nível de atividade muito baixo por causa da falta de recolha específica de biorresíduos. Confirmou-se com as pessoas responsáveis que uma reativação seria possível recebendo resíduos recolhidos na Boa Morte, com o conseqüente benefício social em forma de criação e remuneração de emprego no próprio centro.

O centro é acessível com a motocarrinha e a distância até lá é semelhante à da lixeira, portanto o modo de operação da recolha não mudaria, para além de ter que implementar a separação em origem de húmidos e secos. Será fundamental que esta separação seja bem realizada para não afetar a qualidade do composto. Neste caso, o motoqueiro teria que adotar um certo papel de inspetor, recusando os resíduos que estivessem mal separados na sua origem.



Figura 27. Centro de Valorização de Resíduos. (Lugar de Correia, janeiro 2021)

5.2 Valorização de vidro

Dos diferentes materiais presentes na fração *seca* dos resíduos, o vidro é habitualmente o que tem maior viabilidade para ser recuperado. A sua separação é fácil por ser intuitiva (tipicamente, são as garrafas de diversos produtos). Em termos logísticos, tem a vantagem de que, por ser um material inerte, pode ser acumulado durante longos períodos sem problemas de contaminação. Pelo contrário, tem a desvantagem do seu elevado peso relativamente a outros materiais de embalagem, o que encarece o transporte.

Não existe reciclagem de vidro em São Tomé, mas no caso concreto da Boa Morte, existe uma possibilidade de valorização graças à Central de Processamento de Resíduos (CPR) gerida pela Santa Casa da Misericórdia, a 3,5 km da Boa Morte perto da localidade de Ferreira Governo (distrito de Lobata). Neste centro o vidro é reprocessado para fabricar bancadas de cozinha e outros produtos (figura 28).

Não seria difícil implementar na Boa Morte uma recolha específica de vidro para entregar à CPR; sendo esta a melhor opção para começar a introduzir um esquema de recolha seletiva. Só depois se avançaria para outros materiais de mais difícil identificação e separação em origem, como plásticos e metais.



Figura 28. Central de Processamento de Resíduos: vidro acumulado para valorização (esquerda) e fabricação de bancadas de cozinha (Fotos: localidade de Ferreira Governo (distrito de Lobata), janeiro 2021).

Com base na reduzida quantidade de embalagens de vidro presentes na caracterização física (5,8% do total dos resíduos produzidos), e tendo em conta que o seu armazenamento não vai ser um grande problema (para além do espaço ocupado), conclui-se que a frequência de recolha deste material pode ser muito reduzida: uma recolha mensal deverá ser suficiente.

Não é preciso que a motocarrinha transporte o vidro recolhido até o CPR: o material pode ser temporariamente armazenado num lugar mais próximo (combinou-se que poderia ser no CVR) e ali seria recolhido pelo pessoal do CPR com os seus meios.

Portanto, esta recolha poderá ser feita no mesmo dia de recolha da fração húmida, usando um saco diferenciado para o transporte do vidro.



6. Conclusões e sugestões



6. Conclusões

Com o esforço na sensibilização, começa a haver consciência na população do Bairro da Boa Morte sobre a gravidade do problema dos resíduos, mas é preciso pôr em prática melhores alternativas de gestão para conseguir uma mudança efetiva da situação.

A população já tem um grande hábito de reutilização e reaproveitamento dos resíduos e é favorável à implementação de soluções ambientalmente sustentáveis.

A grande maioria dos resíduos produzidos nas habitações domésticas são resíduos de natureza orgânica passíveis de serem tratados adequadamente por meio da compostagem.

Para os materiais não orgânicos, no curto prazo existe uma opção de valorização viável no caso do vidro.

Para a implementação deste tratamento diferenciado por frações, é preciso reorganizar o esquema atual de recolha:

- 3 dias para a recolha nas famílias (2 para húmidos e 1 para secos).
- 2 dias para a recolha nos negócios (quitandas) e locais não domésticos.
- 1 dia para a recolha de resíduos secos de famílias que pratiquem compostagem.

O modelo de motocarrinha escolhido para a recolha porta-a-porta na Boa Morte é adequado quer do ponto de vista técnico, quer ambiental, porque é o veículo melhor adaptado às circunstâncias presentes no lugar. A pegada de carbono é comparável à de outros veículos de recolha maiores.

Pelo contrário, a atual configuração do circuito influi negativamente no desempenho da recolha: inclui poucos pontos de recolha e muito afastados entre si.

Também, o baixo número de famílias e locais aderentes não garante a sustentabilidade económica do modelo (que tem que ser complementado com o aluguer da motocarrinha) e o resultado atingido é pouco significativo a nível do conjunto do bairro.

Para melhorar este desempenho, é prioritário que mais famílias adiram à recolha porta-a-porta. Quando possível, é recomendável incorporar grupos de locais (casas) que sejam vizinhos e evitar que o motoqueiro se desloque para recolher resíduos em pontos isolados. Assim consegue-se incrementar a densidade de pontos de recolha sem aumentar a distância e o tempo da deslocação (otimização de recursos).

A análise do circuito mostrou que é possível cobrir todos os custos com as receitas próprias da recolha, independentemente do aluguer pago pelo motoqueiro e, adicionando um número mínimo de famílias aderentes, nomeadamente:

- 33 famílias além das 12 atuais, se nada mudar no atual modelo.
- 24 famílias além das 12 atuais, se o volume de carga da motocarrinha fosse aumentado a 1 m³ com um peso específico dos resíduos de 100 kg/m³.

Para além disso, se o tempo médio de paragem em cada ponto de recolha fosse reduzido, consegue-se otimizar melhor o tempo de trabalho, sendo possível até uma redução do preço do serviço: de 100 Db/mês a 73 Db/mês reduzindo a paragem de 4 min a 2 min.

O modelo atual pode ser adaptado mantendo a sustentabilidade económica para uma recolha seletiva estruturada em 4 dias de trabalho por semana com 4 horas de trabalho efetivo em cada dia, que correspondem a 66 pontos de recolha (aderentes) por dia, alterando a capacidade de carga e o tempos de recolha atuais conforme aos pressupostos anteriores.

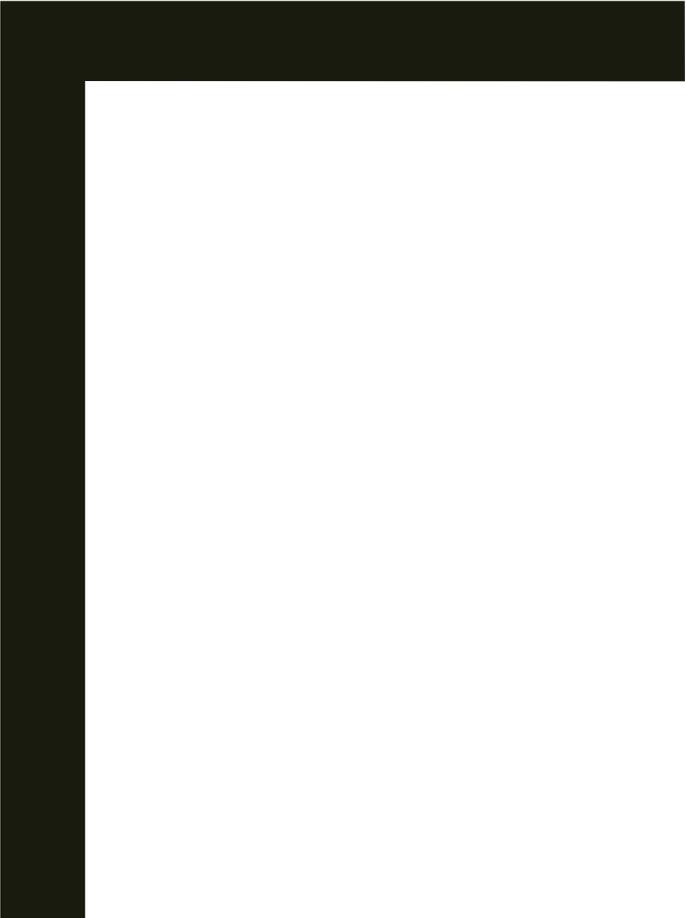
No que diz respeito aos custos de manutenção, recomenda-se elaborar um calendário de manutenção planejado para tentar antecipar as possíveis avarias.

A replicação do modelo nos moldes atuais é apenas possível em localidades igual de próximas que a Boa Morte do destino final dos resíduos. Caso contrário será preciso articular um sistema de transferência dos resíduos a outro meio de transporte com mais capacidade.

Igualmente, é importante contar com um tecido associativo forte para que a replicação seja exitosa, da mesma forma que existe o Grupo Comunitário no caso do Bairro da Boa Morte.

Algumas sugestões para desenvolvimentos futuros do modelo:

- Explorar opções de valorização para outros materiais recicláveis presentes nos resíduos, nomeadamente as latas metálicas. Estas poderiam ser recicladas através de parcerias estabelecidas, quer com indústrias locais interessadas por este material como matéria prima (por exemplo: na fabricação de painéis e utensílios de cozinha), quer com os fabricantes de produtos com embalagem metálica que assumam a reciclagem do material após o seu uso (por exemplo: fabricantes de bebidas distribuídas em embalagens de lata).
- Explorar as melhores opções de aplicabilidade do composto, determinando as culturas e condições mais adequadas, para assim melhor rentabilizar este produto.



7. Bibliografia



7. Bibliografia

1. Instituto Nacional de Estatística de São Tomé e Príncipe (INE STP): *IV Recenseamento da População e da Habitação 2012* (2015) e *Projeções demográficas de São Tomé e Príncipe no horizonte 2035* (2015). (www.ine.st)
2. Ministério das Infraestruturas, Recursos Naturais e Ambiente de São Tomé e Príncipe: *Plano Nacional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (PNGIRSU) 2018-2023* (2018).
3. Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN HABITAT): *Recolha de Resíduos Sólidos Urbanos em Países em Desenvolvimento* (2010).