

# Relatório da Simulação de Gestão de Resíduos

Este relatório descreve a implementação de um sistema de simulação de gerenciamento de resíduos, projetado para modelar a coleta e transferência de lixo em um ambiente urbano. O sistema é construído sobre uma arquitetura de eventos discretos, permitindo que a simulação avance de forma eficiente através de ações programadas no tempo.

## 1. Visão Geral e Estrutura do Projeto

O projeto é organizado em pacotes Java que encapsulam funcionalidades específicas, garantindo modularidade e clareza na organização do código:

- **configsimulador**: Contém as configurações globais da simulação e a classe principal que orquestra todo o processo.
- **caminhoes**: Define os diferentes tipos de veículos envolvidos na coleta e transporte de lixo.
- **estacoes**: Representa as estações de transferência de lixo, pontos intermediários cruciais no fluxo dos resíduos.
- **eventos**: Abriga a espinha dorsal da simulação de eventos discretos, incluindo a classe base para eventos e o gerenciador da agenda.
- **tads**: Oferece implementações de estruturas de dados básicas (lista e fila) personalizadas para as necessidades da simulação.
- **timer**: Fornece utilitários para manipulação e cálculo de tempo dentro do ambiente simulado.
- **zonas**: Modela as áreas da cidade onde o lixo é gerado e coletado.

## 2. Componentes e Funcionalidades Detalhadas

### 2.1. Simulação Principal (Simulador)

A classe **Simulador** é o ponto de partida e o controlador principal da simulação. Ela inicia o processo, configurando as **estações de transferência** e as **zonas da cidade**. Um passo inicial importante é a **geração diária de lixo** em cada zona. Em seguida, a simulação utiliza a classe **DistribuirRota** para organizar as rotas dos **caminhões pequenos**, definindo suas viagens e as zonas que atenderão. O coração do **Simulador** reside em chamar o **GerenciadorAgenda** para processar todos os eventos agendados, permitindo que a simulação avance no tempo de forma autônoma. Ao final, um **relatório consolidado** é exibido, detalhando o tempo total da simulação e o lixo remanescente em cada zona.

### 2.2. Gerenciamento de Tempo e Eventos (Timer, Evento, GerenciadorAgenda)

O sistema emprega um modelo de **simulação de eventos discretos**. O **Timer** é essencial para calcular durações de viagens e horários simulados, considerando fatores como **horários de pico** que afetam o tempo de deslocamento. A classe **Evento** serve como base para todas as ações que ocorrem na simulação (coleta, transferência, geração de lixo, etc.), cada uma com um tempo programado para sua execução. O

**GerenciadorAgenda** é o componente vital que mantém todos os eventos em uma **lista cronologicamente ordenada**. Ele garante que os eventos sejam executados na sequência correta, impulsionando o progresso da simulação. Quando um evento é executado, ele pode, por sua vez, agendar novos eventos para o futuro, criando uma cadeia dinâmica de operações.

### 2.3. Zonas Urbanas e Geração de Lixo (`Zonas`, `DistanciaZonas`)

As **zonas** representam as diferentes áreas da cidade, cada uma com uma faixa de geração de lixo diária (mínimo e máximo). Elas acumulam lixo ao longo do tempo e permitem que os caminhões realizem a **coleta**. A classe **DistanciaZonas** funciona como um mapa lógico, associando cada zona à sua **estação de transferência** correspondente, o que é fundamental para o planejamento das rotas e a logística de descarte.

### 2.4. A Frota de Caminhões (`CaminhaoPequeno`, `CaminhaoGrande`)

Dois tipos de caminhões são modelados:

- **CaminhaoPequeno**: São os responsáveis pela **coleta direta** de lixo nas zonas. Eles possuem uma capacidade de carga e um número limitado de viagens por dia. Após coletarem o lixo, dirigem-se a uma estação de transferência.
- **CaminhaoGrande**: Atuam no **transporte de grandes volumes** de lixo das estações de transferência para o aterro sanitário final. Eles são carregados pelos caminhões pequenos e partem uma vez que atingem sua capacidade máxima.

### 2.5. Estações de Transferência (`EstacaoDeTransferencia`)

As **EstacoesDeTransferencia** são pontos estratégicos onde o lixo coletado pelos caminhões pequenos é consolidado e transferido para os caminhões grandes. Cada estação gerencia uma **fila de espera** para os caminhões pequenos que chegam. A estação também monitora a disponibilidade de um `CaminhaoGrande` para receber a carga e, se necessário, **aciona a geração de um novo caminhão grande** para evitar gargalos no processo de transferência.

### 2.6. Parâmetros de Configuração (`ConfiguracoesDoSimulador`)

A classe **ConfiguracoesDoSimulador** centraliza todos os **parâmetros e constantes** que definem o comportamento da simulação. Isso inclui capacidades dos caminhões, tempos de operação (coleta, descarga), duração das viagens (com diferenciação entre horários de pico e fora de pico), e os limites de geração de lixo por zona. Essa abordagem permite que os usuários ajustem facilmente os cenários e experimentem diferentes condições sem alterar a lógica principal do programa.

### 2.7. Estruturas de Dados (`Lista`, `Fila`)

O projeto faz uso de implementações personalizadas de **listas duplamente encadeadas** (**Lista**) e **filas** (**Fila**). A **Lista** é crucial para manter a **agenda de eventos ordenada**

**cronologicamente**, enquanto a `Fila` é utilizada nas estações de transferência para gerenciar a **sequência de caminhões** aguardando para descarregar.

### 3. Resultados e Métricas da Simulação

As execuções da simulação fornecem métricas valiosas sobre o desempenho do sistema de coleta de lixo. Analisamos seis execuções distintas para observar a variabilidade e o comportamento geral.

#### 3.1. Geração de Lixo Inicial por Zona

Em cada execução, as zonas geram quantidades aleatórias de lixo dentro de suas faixas configuradas. Isso demonstra a variabilidade inicial do sistema.

| Zona    | Execução 1 (Medida em T) | Execução 2 (Medida em T) | Execução 3 (Medida em T) | Execução 4 (Medida em T) | Execução 5 (Medida em T) | Execução 6 (Medida em T) |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Sul     | 40                       | 23                       | 29                       | 38                       | 33                       | 37                       |
| Sudeste | 26                       | 26                       | 28                       | 28                       | 27                       | 29                       |
| Centro  | 19                       | 20                       | 15                       | 19                       | 13                       | 18                       |
| Leste   | 18                       | 23                       | 23                       | 20                       | 25                       | 23                       |
| Norte   | 30                       | 17                       | 23                       | 16                       | 18                       | 19                       |

#### 3.2. Performance da Coleta e Descarte

Todas as simulações iniciam as operações de coleta às **07:00**. Os caminhões pequenos (C1 a C10), com capacidade de 8 toneladas (ou 7t/5t em casos específicos), coletam lixo de suas respectivas zonas e se dirigem às estações de transferência.

- **Coleta Inicial:** Cada caminhão pequeno realiza uma coleta inicial de 8 toneladas (com exceções de 7t e 5t), com tempo de coleta de 1h 20min (ou 1h 10min/50min). O tempo de trajeto varia significativamente, dependendo da zona e das condições (provavelmente horário de pico), indo de 40min a 1h 20min.
- **Chegada nas Estações:** Os caminhões chegam às estações de transferência (Estação A ou Estação B) geralmente entre **10:51 e 11:55**, após seus tempos de trajeto e descarga.
- **Descarregamento na Estação:** Cada descarregamento de 8 toneladas leva **40 minutos** (8t \* 5 min/tonelada), com exceções de 35min e 25min para cargas menores.
- **Caminhões Grandes:** Observamos que os caminhões grandes (ID 1 e 2) são preenchidos e partem para o aterro com **20T**. Isso ocorre quando eles atingem sua capacidade, consolidando o lixo de múltiplos caminhões pequenos.

#### 3.3. Tempo Total da Simulação e Lixo Remanescente

As simulações finalizam quando não há mais eventos agendados, refletindo o fim do dia operacional ou a conclusão de todas as tarefas planejadas.

| Métrica | Execução 1 | Execução 2 | Execução 3 | Execução 4 | Execução 5 | Execução 6 |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|

|               |                 |                 |                 |                  |                 |                 |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Tempo Total   | 4h 55min        | 4h 54min        | 6h 24min        | 6h 30min         | 6h 18min        | 4h 43min        |
| Último Evento | C4 na Estação B | C3 na Estação A | C8 na Estação A | C10 na Estação A | C8 na Estação A | C5 na Estação A |

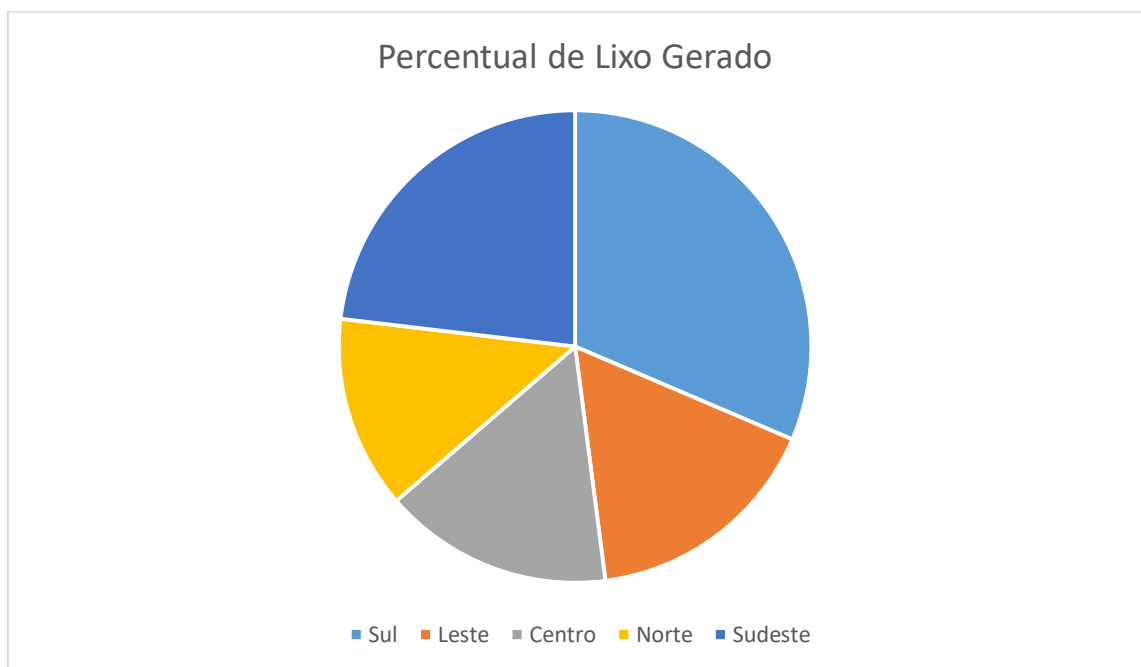
Os resultados do **lixo final acumulado** em cada zona fornecem um indicador da eficácia da coleta.

| Zona    | Execução 1 (Medida em T) | Execução 2 (Medida em T) | Execução 3 (Medida em T) | Execução 4 (Medida em T) | Execução 5 (Medida em T) | Execução 6 (Medida em T) |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Sul     | 24                       | 7                        | 13                       | 22                       | 17                       | 21                       |
| Sudeste | 10                       | 10                       | 12                       | 12                       | 11                       | 13                       |
| Centro  | 3                        | 4                        | 0                        | 3                        | 0                        | 2                        |
| Leste   | 2                        | 7                        | 7                        | 4                        | 9                        | 7                        |
| Norte   | 14                       | 1                        | 7                        | 0                        | 2                        | 3                        |

É notável que a **Zona Centro** alcançou **0 toneladas de lixo restante** nas Execuções 3 e 5, indicando que toda a sua geração de lixo inicial foi coletada com sucesso nessas instâncias. Da mesma forma, a **Zona Norte** foi completamente limpa na Execução 4.

#### 3.4. Gráfico Conceitual de Lixo Restante por Zona (Média das Execuções)

Para uma visualização clara do desempenho médio, considere o seguinte gráfico:



Este gráfico ilustra que, em média, a **Zona Centro** obteve o menor acúmulo de lixo ao final das simulações, enquanto a **Zona Sul** apresentou o maior. Isso pode indicar uma distribuição desigual da capacidade de coleta ou da geração de lixo em relação à

capacidade dos caminhões e rotas, ou mesmo que as rotas planejadas para o Centro são mais eficientes.

#### 4. Conclusão

A simulação demonstra a capacidade do sistema de modelar operações complexas de gestão de resíduos, desde a geração do lixo e a coleta primária até a transferência e o descarte final. As métricas de tempo e o lixo remanescente por zona oferecem insights sobre a eficiência e os desafios operacionais do sistema. A flexibilidade dos parâmetros de configuração permite futuras análises de cenários, otimizando a logística e a alocação de recursos.