

Universidade São Judas Tadeu
Ciência da Computação

Davi Deosmar Batista Oliveira Miranda – RA: 823.212.382
Silas Rodrigues Nascimento – RA: 823.273.38

Cidades Inteligentes – Monitoramento Aéreo
para Coleta de Lixo

São Paulo
2025

Sumário

1. Introdução	2
1.1. Apesar disso, o que está faltando?.....	3
1.2. Resposta a uma possível objeção:	4
1.3. A incidência de doenças, riscos, e relação com o problema supracitado:	5
2. A solução proposta.....	7
2.1. A mudança na rotina de coleta	7
2.2. Do mapeamento da demanda.....	7
2.3. Benefícios que acompanhariam essa implementação	8
3. Conclusão	9
4. Referências Bibliográficas	10

1. Introdução

Desde o advento da denominada “quarta revolução industrial” e da internet, o mundo tem sido inundado por uma leva de novas tecnologias capazes de serem operadas remotamente. O que antes nos era extremamente limitado a ser feito in loco (a saber, no local), agora pode ser feito mediante conexão remota, e isso permitiu que novas soluções tecnológicas para o melhoramento da vida nos centros urbanos surgissem.

Hoje, podemos comemorar como estes avanços tem sido utilizados pelas autoridades e pelos órgãos de segurança. Mais recentemente, a Inteligência Artificial foi aplicada em sistemas de câmeras de segurança para que rostos de procurados e/ou foragidos da justiça fossem identificados e as autoridades competentes pudessem ser acionadas para realizar a apreensão do mesmo (cfr. G1, “Câmeras com IA ajudam a prender procurados pela Justiça no interior de SP; saiba como sistema funciona”, 2025). Podemos comemorar tal avanço, uma vez que o mesmo torna quase ou totalmente obsoleto o antigo modo de se identificar criminosos, muito familiar a nós nos filmes de ficção de faroeste, pendurando um cartaz ou uma reportagem com o rosto do foragido com o apelo para que a população comunicasse uma autoridade caso visse a pessoa procurada.

Com esse avanço, já não mais dependemos de um disque-denúncia e muito menos ficamos à mercê do esquecimento do rosto exato do foragido ou do número para fazer a denúncia. Basta uma captura de vídeo para a identificação do foragido, e podemos ficar mais tranquilos quanto à segurança de nossas cidades ao saber que a tecnologia facilita a apreensão de criminosos.

Entretanto, não só de segurança física se faz um ambiente urbano seguro. É de considerar que constantemente nos expomos a outros problemas, sobretudo os que envolvem a saúde fisiológica dos cidadãos. Embora os centros urbanos nos tenham proporcionado uma considerável facilidade e comodidade em viver, inegavelmente não nos vemos isentos de problemas de saúde e bem-estar relacionados à higiene e saneamento dos ambientes urbanos. Em grandes metrópoles, grandes quantidades de entulho e lixo orgânico são produzidas. Na cidade de São Paulo, estima-se que 20

toneladas de lixo são produzidas diariamente (cfr. Jornal da USP, “*São Paulo produz cerca de 20 mil toneladas de resíduos urbanos, mas reciclagem é muito baixa*”, 2025).

Estamos tendo avanços tecnológicos significativos para a área de segurança, mas será que temos a mesma aplicação da mesma para o saneamento básico e preservação da saúde nos ambientes urbanos?

1.1. Apesar disso, o que está faltando?

Do que acima foi dito, podemos considerar alguns problemas de saneamento básico, tal qual o acúmulo excessivo de lixo nos ambientes urbanos. Há alguns anos, o governo estadual tem se empenhado em políticas para recuperar áreas naturais perdidas pelo excesso de poluição, acúmulo e descarte indevido de resíduos de lixo. O governo do Estado de São Paulo tem feito esforços hercúleos nos últimos anos para recuperar o Rio Pinheiros, paralelo à grande Avenida das Nações Unidas (uma das mais importantes da cidade, aonde se encontram embaixada e consulados estrangeiros) na Zona Sul de São Paulo. Muitos de seus esforços tem tão somente se limitado à remoção dos entulhos e o emprego de métodos químicos para a recuperação do canal de água. Entretanto, mesmo com tal programa e com a entrada da iniciativa privada, ainda vemos que a tarefa está longe de ser concluída: ainda neste ano, foi constatado mediante relatórios que a qualidade das águas do mesmo rio se mantém no nível péssima (cfr. O Globo, “*Apesar de ações de limpeza, qualidade do rio Pinheiros se mantém ‘péssima’, aponta relatório*”, 2025).

Não é de se negar que tais problemas trazem sérias dificuldades à população urbana. As contaminações dos canais de água e a presença massiva de lixo nos espaços das cidades entra como uma comorbidade para a saúde pública nestes centros. A presença de águas poluídas e de entulhos orgânicos facilita enormemente a proliferação de parasitas e doenças. Não ficamos somente reféns de contrair doenças ocasionadas por vírus e bactérias proliferadas pelas águas contaminadas, mas também temos de nos preocupar com aquelas transmitidas via hospedeiros biológicos, tais quais as moscas, ratos, baratas, pombos e mosquitos, que tornam-se verdadeiras pragas urbanas em

nosso cenário atual, uma vez que a poluição dos ambientes urbanos permite que estes vetores de doenças encontrem fontes de alimento nos dejetos orgânicos mau-destinados ou à espera da coleta dos serviços públicos de saneamento.

1.2. Resposta a uma possível objeção:

Poder-se-á dizer que este problema não é tão universal quanto tratado nos parágrafos anteriores, pois que somente abrangeia algumas regiões urbanas. Assumamos isto como possível, por enquanto.

Pode-se objetar estas afirmações ao afirmar que o problema das principais doenças urbanas causadas por falta de saneamento já possui medidas de prevenção, tal qual os comumente realizados pelas prefeituras das cidades para a prevenção da dengue, através de vistorias em busca de locais de água parada e da aplicação de multas. Também pode-se dizer que já possuímos um sistema de saneamento básico que realiza a coleta de lixo em dias seletos em cada região, o que traz aos cidadãos a garantia de que terão um meio de se livrar dos dejetos orgânicos.

Entretanto, podemos ver que no cenário atual, as políticas já vigentes não são o suficiente para evitar todos estes problemas. O modelo atual adotado pelas cidades para a coleta de resíduos de lixo é feito de modo pré-definido: há dias e horários fixos para se coletar o lixo urbano (cfr. Prefeitura de São Paulo, Serviços, “Coleta de Lixo”, 2025). Deste modo, a coleta é feita mediante um itinerário, e não segundo as necessidades reais de cada região. Quem quer que queira descartar o seu lixo doméstico, deve esperar o dia da semana específico para a sua região para que este possa ocorrer. Há de se considerar que enquanto o serviço urbano não passa, o lixo fica acumulado em algum lugar, seja dentro ou fora da casa do cidadão. Em ambos os cenários, nos deparamos com os riscos oriundos da guarda de resíduos orgânicos por um determinado período de tempo. Caso fiquem dentro da casa, a pessoa está sujeita às pragas urbanas como baratas, ratos, moscas e mosquitos encontrarem fonte de alimento para fazerem morada no ambiente. Caso os resíduos fiquem do lado de fora, temos os animais acima citados,

mas agora também acompanhados dos pombos e abutres, que vivem nos ambientes externos às casas e que não encontram problema algum para infestarem um local de acúmulo de lixo orgânico.

Temos de fato um serviço de coleta de lixo que consegue ajudar a manter a cidade limpa e protegida de doenças até certo ponto, mas este não opera de acordo com a necessidade real dos locais em que mais se acumula lixo.

Ainda há de se objetar que as doenças mais comuns, como a dengue, encontram cenário para contaminar a população em centros de água parada. Entretanto, a Scielo Brasil, parafraseando um estudo sobre a doença, destaca que a incidência da doença causada pelo mosquito Aedes aegypti é maior em locais em que há acúmulo de lixo:

“Um estudo realizado para avaliar o Aedes aegypti em condições laboratoriais, observou que a alta densidade larvária e a carência de alimentos causaram redução no tamanho de mosquitos adultos e um aumento na taxa de mortalidade [29]. Além disso, a existência de recipientes com lixo próximo às residências está associada a alta incidência de dengue [30]. A ocorrência de dengue onde a coleta é regular, pode apontar que o lixo não teria tempo suficiente para comportar o ciclo reprodutivo, mas seria capaz de alimentar a população dos mosquitos da região.

Em estudo realizado em North Queensland, Austrália, constatou-se que os recipientes com abundância de matéria orgânica tenderam a produzir um mosquito adulto maior e com rápido desenvolvimento [31]. Nesse contexto, é forte a suposição de que o lixo doméstico influencia no volume populacional, não apenas devido à existência de criadouros, mas por oferecer um suprimento alimentar demandado pelo mosquito ao longo de parte seu ciclo de vida. “

(SCIELO BRASIL, Casos de dengue e coleta de lixo urbano: um estudo na Cidade do Recife, Brasil (Cases of dengue and urban waste collection: a study in the City of Recife), 2019).

1.3. A incidência de doenças, riscos, e relação com o problema supracitado:

Os dados trazidos pela Scielo usam como base estudos de laboratório realizados em esferas nacionais e internacionais, tais quais “*Efeito da densidade larval no tamanho de adultos de Aedes aegypti criados em condições de laboratório*” (Gama RA, Alves KdC,

Martins RF, Eiras AE, Resente MC. Revi. Soc. Brasil. Med. Trop 2005; 38(1):64-66.) e “*Environmental factors and incidence of dengue fever and dengue haemorrhagic fever in an urban area, Southern Thailand*” (Thammapalo S, chongsuvivatwong V, geater A, Dueravee M., Epidemiol. Infect 2008; 136(1):135-143.).

Tais estudos demonstram a relação direta entre o acúmulo de lixo e a epidemia de dengue ocorrida sobretudo nos períodos de maiores chuvas e aumento da temperatura. Segundo o Ministério da Saúde, em conjunto com a iniciativa InfoDengue–Mosqlimate Challenge, estima-se que teremos 1,8 milhão de casos de dengue no Brasil no ano de 2026, segundo o segundo maior ano de incidência da doença, ficando somente atrás de 2024 (cfr. O Globo, “*Dengue: Brasil terá 1,8 milhão de casos em 2026, projetam cientistas, tornando-se o 2º ano com mais casos da doença*”, 2025).

Com base nestes dados, vê-se que não somente há uma relação vital entre o acúmulo de lixo e a incidência das doenças mais comuns nos centros urbanos, mas que também podemos esperar que, nos próximos meses, seremos novamente afligidos por um caso epidêmico de uma das doenças diretamente ligada ao problema da higiene urbana.

2. A solução proposta

2.1. A mudança na rotina de coleta

Dante dos problemas enumerados acima, propõe-se que se possa encontrar uma solução de reduzir os impactos causados pelo acúmulo de lixo nos centros urbanos.

Visa-se primeiro encontrar uma alternativa para o sistema de coleta de lixo atual, de modo que este não mais venha a ocorrer mediante modelo tabelado, mas que seja capaz de ser realizado de acordo com as necessidades regionais, pois evidentemente temos regiões em que maiores volumes de lixo são produzidos e que consequentemente apresentam mais casos das doenças em relação a outras regiões.

Uma vez que se consiga mapear quais regiões estão com maior necessidade da coleta de lixo, o itinerário das empresas de coleta pode ser realizado de modo que se “acuda” primeiro as regiões aonde haja maior concentração de lixo. Assim, teremos um intervalo menor de tempo para que soframos as consequências do acúmulo do lixo nas casas ou nas ruas.

2.2. Do mapeamento da demanda

Como já vemos, possuímos hoje tecnologias de inteligência artificial que permitem que ambientes possam ser analisados e informações possam ser colhidas com base nestas. A solução visa a utilização de inteligência artificial em câmeras móveis, mediante drones que realizariam o voo pelos centros urbanos e seriam capazes de mapear os locais aonde há maior concentração de lixo.

Além de serem compactos e funcionarem com energia limpa, os drones já gozam de grande utilização pelos governos e pela iniciativa privada para a realização de tarefas. As prefeituras já estão fazendo uso dos mesmos para localizar possíveis focos dos mosquitos da dengue (cfr. G1, “*Prefeitura de SP começa a usar drones para detectar e eliminar focos do mosquito da dengue*”, 2024), o que é um grande avanço no combate à

doença, mas tal solução apenas mira remediar o problema ao invés de prevenir. A existência de um foco de mosquitos pressupõe que o mesmo já tenha se instalado e se reproduzido no local, tornando-se antes uma medida de contingência do que uma medida capaz de vetar a instalação dos mesmos em locais urbanos.

A solução não somente tornaria o combate à dengue mais eficaz, uma vez que estaria dando um meio de evitar que os focos e criadouros de mosquito viessem a existir, mas também seria benéfica para que outras doenças decorrentes do acúmulo de lixo viessem a suceder nas cidades em que esta medida fosse adotada.

2.3. Benefícios que acompanhariam essa implementação

Uma vez que os drones localizariam em tempo real as regiões em que mais se encontram acúmulos de lixo, teríamos um lead que apontaria para as regiões que mais viessem a necessitar da extração dos mesmos, o que traz um benefício logístico maior, uma vez que as companhias de coleta seriam capazes de traçar um plano de logística de acordo com as necessidades de cada local, tendo melhores insights para gerar um trajeto de coleta de lixo, além de darem aos cidadãos a oportunidade de terem seu lixo coletado com mais frequência, melhorando não somente a condição pública, mas também particular, uma vez que teriam menos chances de acumular vetores de doenças dentro de seus ambientes domésticos.

3. Conclusão

A solução apresentada vale-se de tecnologias já existentes e adotadas pelos governos e empresas no contexto de cidades inteligentes. A solução traz benefícios no aspecto de coleta de informações, uma vez que sua implementação gera a coleta de informações do ambiente urbano e dá aos órgãos competentes mais artifícios para poder traçar uma solução e implementação.

Os drones são uma tecnologia já bem consolidada e sem grandes riscos de implementação. Como a maioria destes funciona de modo elétrico, seu impacto ambiental seria muito pouco, uma vez que esta é uma fonte de energia limpa e não geraria impactos ambientais tal qual um veículo automotivo movido a combustível fóssil ou etílico. Entretanto, poderia haver certa dificuldade no que tange ao uso da inteligência artificial, que embora eficaz, ainda é possível de dar falsos-positivos na detecção de alguma informação. Contamos com uma grande gama de modelos capazes de processar imagens e extrair informações fornecidas pelas grandes empresas de Cloud, mas estas ainda não estão totalmente perfeitas e poderiam necessitar de um grande período de aprendizado e alimentação de dados para poderem funcionar devidamente. Apesar disso, não é de se excluir que ainda haja, até certo ponto, a participação humana na consideração das informações obtidas, de modo que seja possível fazer um filtro daquilo que é coletado como informação pelos modelos de inteligência artificial. Como vemos que estas tecnologias avançam a passos largos, tal modelo híbrido poderia ser adotado já levando em conta ser aos poucos deixados de lado ou ao menos reduzidos, de modo que a participação humana neste processo viria a reduzir gradualmente conforme a evolução tecnológica destes modelos.

Trata-se de uma solução não só tecnológica, mas também logística e organizacional, capaz de resolver um problema real, e que pode trazer um impacto positivo diante de tantas expectativas negativas acerca da proliferação das doenças no Brasil, tal qual foi demonstrado durante o processo desta pesquisa pelos órgãos de saúde e de pesquisa científica e de patologia.

4. Referências Bibliográficas

G1. Prefeitura de SP começa a usar drones para detectar e eliminar focos do mosquito da dengue [Recurso eletrônico]. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2024/03/05/prefeitura-de-sp-comeca-a-usar-drones-para-detectar-e-eliminar-focos-do-mosquito-da-dengue.ghtml>. Acesso em: 23 nov. 2025.

Jornal da USP. São Paulo produz cerca de 20 mil toneladas de resíduos urbanos, mas reciclagem é muito baixa [Recurso eletrônico]. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/sao-paulo-produz-cerca-de-20-mil-toneladas-de-residuos-urbanos-mas-reciclagem-e-muito-baixa/>. Acesso em: 23 nov. 2025.

O Globo. Apesar de ações de limpeza, qualidade do rio Pinheiros se mantém ‘péssima’, aponta relatório [Recurso eletrônico]. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/meio-ambiente/noticia/2025/03/21/apesar-de-acoes-de-limpeza-qualidade-do-rio-pinheiros-se-mantem-pessima-aponta-relatorio.ghtml>. Acesso em: 23 nov. 2025.

Prefeitura de São Paulo. Coleta de Lixo [Recurso eletrônico]. Disponível em: <https://prefeitura.sp.gov.br/w/servico/coleta-de-lixo>. Acesso em: 23 nov. 2025.

Scielo Brasil. Casos de dengue e coleta de lixo urbano: um estudo na Cidade do Recife, Brasil [Recurso eletrônico]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/4BtH7Bdg9YFjhB6ZKWC6rWj/?lang=pt#:~:text=AI%C3%A9m%20disso%2C%20a%20exist%C3%A1ncia%20de,popula%C3%A7%C3%A3o%20dos%20mosquitos%20da%20regi%C3%A3o>. Acesso em: 23 nov. 2025.

G1. Câmeras com IA ajudam a prender procurados pela Justiça no interior de SP; saiba como sistema funciona [Recurso eletrônico]. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/itapetininga-regiao/noticia/2025/07/17/sistema-com-ia-ajuda-a-prender-seis-procurados-em-cinco-dias-no-interior-de-sp.ghtml>. Acesso em: 23 nov. 2025.

O Globo. Dengue: Brasil terá 1,8 milhão de casos em 2026, projetam cientistas, tornando-se o 2º ano com mais casos da doença [Recurso eletrônico]. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/saude/noticia/2025/11/06/dengue-brasil-deve-ter-18-milhao-de-casos-em-2026-tornando-se-o-2o-ano-com-mais-diagnosticos.ghtml>. Acesso em: 23 nov. 2025.