

Artigo 11: Desafios e Oportunidades na Implementação do Hub Tecnológico para Reciclagem de Resíduos electrónicos no INSTIC

Pinto Tunga Bambi, UNILUANDA

pintunga@gmail.com

Augusto Sachonga, UNILUANDA

silpedroa@hotmail.com

Campos C. Pataca, UNILUANDA

Cleofas36@gmail.com

Resumo

O desafio dos resíduos electrónicos (*e-waste*) é transversal e requer soluções eficazes, sendo a implementação de um hub tecnológico uma oportunidade para mitigar impactos ambientais e impulsionar a economia circular. Alinhado aos ODS 12 e 9, o projecto liderado pelo Instituto de Tecnologias de Informação e Comunicação (INSTIC) da Universidade de Luanda visa promover práticas mais responsáveis de gestão de resíduos electrónicos e recuperar componentes académicos e científicos. O *e-waste* apresenta desafios como riscos à saúde e ao meio ambiente, mas também oferece oportunidades de recuperação de materiais valiosos por meio da reciclagem. As metodologias propostas incluem a Revisão Literária Sistemática (RLS), análise de dados, estudos de viabilidade, estabelecimento de metas, parcerias estratégicas, implementação de infraestrutura e monitoramento do desempenho. Também as tecnologias emergentes, como Inteligência Artificial, Internet das Coisas, Blockchain, Impressão 3D, Realidade Virtual e Aumentada, serão aplicadas para lidar de forma eficiente e sustentável com os desafios do lixo electrónico. Contar-se-á com a colaboração de instituições de ensino parceiras e ampliará o impacto do projecto, promovendo práticas sustentáveis de reciclagem em uma escala internacional.

Palavras-chave: *Lixo electrónico, Reciclagem, Hub tecnológico, Economia circular.*

Abstract

The challenge of electronic waste (e-waste) is transversal and requires effective solutions, with the implementation of a technology hub being an opportunity to mitigate environmental impacts and boost the circular economy. Aligned with SDGs 12 and 9, the project led by the Institute of Information and Communication Technologies (INSTIC) of the University of Luanda aims to promote more responsible electronic waste management practices and recover academic and scientific components. E-waste presents challenges such as health and environmental risks, but it also offers opportunities to recover valuable materials through recycling. The proposed methodologies include a Systematic Literary Review (SLR), data analysis, feasibility studies, goal setting, strategic partnerships, infrastructure implementation and performance monitoring. Emerging technologies, such as Artificial Intelligence, Internet of Things, Blockchain, 3D Printing, Virtual and Augmented Reality, will also be applied to deal efficiently and sustainably with the challenges of electronic waste. It will count on the collaboration of partner educational institutions and will expand the impact of the project, promoting sustainable recycling practices on an international scale.

Keywords: *Electronic waste, Recycling, Technological hub, Circular economy.*

Introdução

Os equipamentos eléctricos e electrónicos (EEE) dependem de correntes eléctricas ou campos electromagnéticos para funcionarem, e equipamentos para a geração, transferência e medição de tais correntes e campos. A produção e utilização de EEE continuam a aumentar significativamente em todo o mundo devido a um rápido aumento na adopção de tecnologias de informação e comunicação e na sua incorporação noutros produtos.

A rápida evolução tecnológica resulta em constantes actualizações nos equipamentos electrónicos e de telecomunicações, gerando um considerável volume de resíduos electrónicos (Andeobu, Wibowo, e Grandhi 2021; Moyo, Lubbe, e Ohei 2023). O uso de itens electrónicos e microchips em eletrodomésticos, sistemas de transporte, equipamentos de escritório, instrumentos industriais e outros dispositivos aumentaram

dramaticamente durante as últimas décadas (Ahmed e Chirra sem data). A fabricação de dispositivos electrónicos é um processo complexo onde mais de mil substâncias, incluindo metais raros como paládio, ouro, cobre e platina, são misturadas com substâncias tóxicas como arsênio, mercúrio, cádmio, chumbo e muito mais. Como resultado, está se tornando difícil descartar com segurança os enormes volumes de e-waste em todo o mundo.

O fenómeno do lixo electrónico é causado pela falta de sensibilização pública adequada; falta de instalações para coleta de lixo electrónico; falta de política e legislação governamental; falta de um sistema de recolha e de infraestruturas logísticas eficazes; o domínio do sector da reciclagem por um sector informal descontrolado e mal equipado que polui o ambiente; falta de instalações de reciclagem adequadas; barreiras técnicas (conhecimento do processo de reciclagem); fraco financiamento das actividades de gestão de resíduos perigosos; e a falta de implementação do sistema de responsabilidade estendida do produtor (Moyo et al. 2023). Angola no geral e a cidade de Luanda em particular, não foge a esta regra e menos boa prática. Este trabalho propõe uma abordagem sustentável para lidar com o desafio de gestão do lixo electrónico, em obediência aos objectivos do desenvolvimento sustentável, no contexto angolano.

Objectivo da pesquisa

O principal objectivo desta investigação é explorar a viabilidade da implementação de um ecossistema tecnológico sustentável para a reciclagem de e-waste descontinuado, no Instituto de Tecnologias de Informação e Comunicação (INSTIC) da Universidade de Luanda.

Os objetivos específicos do trabalho apresentado neste artigo são:

1. Identificar práticas de economia circular frequentemente utilizadas na literatura para uma gestão eficaz do lixo electrónico;
2. Explorar os desafios e oportunidades de adoção de práticas de gestão eficaz do e-waste utilizadas internacionalmente, em especial da África do Sul, Quênia e Nigéria (países da África subsaariana);
3. Propor um sistema tecnológico de gestão sustentável do e-waste no INSTIC que funcione como Hub para os organismos e instituições de Angola.

Metodologia

Neste artigo, os investigadores realizam um estudo exploratório e uma análise das tendências actuais de gestão de resíduos electrónicos no panorama internacional, identificam desafios e oportunidades com a finalidade de contextualizar e propor a implementação das práticas eficazes destas questões em infraestruturas no INSTIC.

Contextualização

Conceito e categorias de lixo electrónico

E-waste é um termo amplo usado para identificar (ou qualificar) equipamentos electrónicos e eléctricos indesejados, obsoletos, que não funcionam ou que atingiram o fim da vida útil em seu serviço. O e-waste é obtido de qualquer equipamento ou dispositivo que funcione com electricidade ou baterias, como laptops, palmtops, computadores, televisores, telefones celulares, discos de vídeo digital (DVD) e muito mais (Nnorom e Odeyingbo 2020). A Tabela 1 mostra diferentes categorias de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos que são abrangidos pelos Regulamentos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (REEE), sua descrição e exemplos de produtos que se enquadram em cada uma das categorias.

Tabela 1. Categorias de resíduos electrónicos

Categoria	Breve Descrição	Exemplos	Fontes
Grandes Eletrodomésticos	Os <u>eletrodomésticos</u> <u>são</u> aparelhos eléctricos usados para facilitar várias tarefas domésticas, tais como cozinhar e conservar os alimentos, limpar a casa, etc.	Geladeiras, arcas, máquina de lavar, fogão eléctrico, ventiladores, aparelhos de ar condicionado, máquinas de lavar louça, microondas, radiadores eléctricos, etc.	(Ahmed e Chirra sem data; Awasthi et al. 2023; Ichikowitz e Hattingh 2020;
Pequenos Eletrodomésticos		Torradeiras, ferros, relógios, aspiradores, chaleiras eléctricas, moedores,	Murthy e Ramakrishna 2022; Nahar,

		misturadores, etc.	Anwar, e
Equipamentos de TI e Telecomunicações	Equipamentos de Telecomunicações e TI são aparelhos e sistemas que permitem que pessoas se comuniquem à distância, como telefones, internet e rádios. Eles formam a espinha dorsal das redes de comunicação modernas, permitindo a interação rápida e eficiente entre indivíduos e organizações.	Computador, laptop, impressoras, telefones celulares, dispositivos de cálculo, scanners, copiadoras, cabos de rede, modems wi-fi, satélites de comunicação, etc.	Tanni 2017; Noveler e Mariano 2021; Shahabuddin et al. 2022)
Equipamentos de consumo	Eletrónica de consumo (em inglês: consumer electronics) é a designação dada a <u>equipamentos electrónicos</u> para uso pessoal (em contraste com o uso industrial), com aplicações no <u>entretenimento</u> , <u>comunicação</u> e, na <u>produtividade</u> no <u>escritório</u> .	Aparelhos de rádio, televisores, câmeras de vídeo, amplificadores de áudio, equipamento musical, equipamento de alta fidelidade, filmadoras, reprodutores de áudio, etc.	
Equipamentos de iluminação	Equipamento de iluminação significa equipamento especificamente destinado a fornecer iluminação eléctrica ou a gás.	lâmpadas, LED, luminárias, reatores, postes, lentes e estruturas relacionadas, fiação eléctrica, e outros componentes necessários ou auxiliares	
Ferramentas Eléctricas e Electrónicas	Ferramentas eléctricas são ferramentas usadas para trabalhar em um sistema eléctrico e/ou electrónico.	Furadeiras, serras, máquina de costura, cortadores de grama, serra eléctrica, cortadores de fios e cabos, decapadores de	

		fios, ferramentas de compressão coaxial, ferramentas de telefonia, cortadores/descascadores de fios, ferramentas para abraçadeiras, acessórios e muito mais.
Brinquedos, lazeres e equipamentos desportivos	São dispositivos e equipamentos electrónicos usados para laser e desporto.	Trens eléctricos, carros de corrida, vídeo jogos portátil, instrumentos musicais, Trens eléctricos, carros de corrida, vídeo jogos portátil, esteira, instrumentos musicais, computadores para ciclismo, mergulho, corrida, remo, etc., equipamentos desportivos com componentes eléctricos ou electrónicos.
Dispositivos médicos	Um dispositivo médico pode ser qualquer instrumento, aparelho, implemento, máquina, implante, reagente para uso in vitro, software, material ou outro artigo semelhante ou relacionado, destinado pelo fabricante para ser usado, sozinho ou em combinação, para fins médicos.	Equipamentos de radioterapia, dispositivos de cardiologia, máquina de diálise, geladeiras e freezers médicos, máquina de ultrassom, analisadores, ventiladores respiratórios, termômetros

		electrónicos, etc.	
Instrumentos de monitoramento e controlo	Instrumento de monitoramento e controlo significa qualquer regulador de aquecimento, detector de fumaça, termostato, dispositivo para medir, pesar ou ajustar qualquer dispositivo para uso doméstico ou laboratorial e qualquer outro instrumento de monitoramento e controlo usado em instalações industriais.	Regulador de aquecimento, detector de fumaça, termostato, sistemas de aquisição de dados, microcontroladores, sensores, válvulas, etc.	
Dispensadores automáticos	O dispenser é conhecido por fornecer e controlar o uso de alguns itens de higiene como álcool em gel, sabonete líquido, papel toalha e papel higiênico ou reagentes (em laboratório).	Distribuidores automáticos de bebidas quentes ou frias, de reagentes, dispensadores de dinheiro, etc.	

O descarte dos equipamentos electrónicos descontinuados e a gestão de e-waste tem consideráveis impactos, sobretudo quando processado de forma desregrada. Se podem destacar três principais tipos de impacto: ambiental, saúde humana e económico-social.

Nos países em desenvolvimento, a reciclagem de e-waste é uma atividade geralmente realizada pelo setor informal de reciclagem. Este sector é amplamente marginalizado, resultando na falta de acesso a máquinas e equipamentos de proteção individual adequados, o processamento de e-waste pode resultar em muitos riscos, tanto humanos quanto ambientais (Awasthi et al. 2023). O pesquisador identificou os seguintes eixos críticos do e-waste:

- Impacto ambiental:** está relacionado com a poluição ambiental, resultante da mistura de substâncias perigosas que é liberada no meio ambiente através do processamento informal do e-waste (ou seja, tratamento inadequado do lixo electrónico), que pode levar à contaminação do ar, do solo e da água (Awasthi et al. 2023; Maes e Preston-Whyte 2022). A Figura 1 ilustra alguns dos principais impactos ambientais do lixo electrónico.



Figura 1 – Impactos ambientais do lixo electrónico, adaptado de (Islam, Khatun, e Mourshed 2024).

- b) **Impacto na saúde humana:** resulta essencialmente no processamento informal do lixo electrónico, onde o aquecimento de placas de circuito impresso para recuperação de solda e chips, extração ácida de metais de misturas complexas, queima de plásticos para isolar metais, fusão e extrusão de plásticos. Esta queima e aquecimento (incineração) expõem os trabalhadores a fumos prejudiciais à saúde dos indivíduos por inalação, causando sintomas de dores de cabeça, falta de ar, dores no peito, fraqueza e tonturas (Moyo et al. 2023).
- c) **Impacto económico social:** o transporte de EEE usados e de resíduos electrónicos para África resulta numa indústria informal, mas importante, com consequências de longo alcance. EEE usados e reparáveis permitem que indivíduos e empresas comprem equipamentos electrónicos ou de TI vitais e baratos, ajudando o desenvolvimento socioeconómico por um lado, e por outro a redução do seu tempo útil. A reciclagem informal de e-waste fornece uma importante fonte de subsistência para muitas comunidades urbanas pobres (Maes e Preston-Whyte 2022).

Os maiores produtores mundiais de lixo electrónico

Os países mais industrializados são os maiores produtores de lixo electrónico a nível mundial. A Tabela 2 apresenta os 10 principais países produtores de lixo electrónico, enquanto que a Tabela 3 e a Figura 2 ilustram a estatística por continentes. Entre os principais países destacam-se a China (com 10,129,000 t e 16% de reciclagem), os

Estados Unidos da América (6,918,000 t e 15% de reciclagem), a Índia (3,230,000 t e 1% de reciclagem), o Japão (2,569,000 t e 22% de reciclagem), o Brasil (2,143,000 t), a Rússia (1,631,000 t e 6% de reciclagem), a Indonésia (1,618,000 t), a Alemanha (1,607,000 t e 52% de reciclagem), o Reino Unido (1,598,000 t e 57% de reciclagem) e a França (1,362,000 t e 56% de reciclagem). Quanto a estatística continental, o maior produtor de e-waste é a Ásia (24.9 Mt), seguido da América toda (13.1 Mt), Europa (12 Mt), África (2.9 Mt) e por último a Oceania (0.7 Mt).

Tabela 2 Os 10 principais países produtores de lixo electrónico, em 2024

Ordem	País	E-waste produzido [kt]	E-waste por pessoa (kg/pessoa)	Taxa de reciclagem
1	China	10,129	8.5	16%
2	EUA	6,918	21.3	15%
3	Índia	3,230	2.9	1%
4	Japão	2,569	21.2	22%
5	Brasil	2,143	11.4	0%
6	Rússia	1,631	13.2	6%
7	Indonésia	1,618	6.9	n/a
8	Alemanha	1,607	21.2	52%
9	Reino Unido	1,598	24.5	57%
10	França	1,362	22.4	56%

Fonte: <https://www.geeksforgeeks.org/top-10-electronic-waste-producing-countries-in-the-world/>



Figura 2 – Estatística de maiores produtores de lixo electrónico, (Murthy e Ramakrishna 2022)

A Ásia se tornou a principal região do mundo em geração de e-waste nos últimos dez anos. Isto é especialmente verdade no Sudeste Asiático, que é hoje um conhecido centro de produção e montagem de dispositivos eléctricos e electrónicos. Esses bens são criados não apenas para a demanda regional, mas também para atender às crescentes demandas tecnológicas da região (Islam et al. 2024).

Tabela 3 – Maiores produtores regionais de lixo electrónico, (Murthy e Ramakrishna 2022)

Região	Geração anual de e-waste (Mt)	Percentagem de geração de e-waste (%)	E-waste por pessoa (kg/pessoa)
Ásia	24.9	46.5	5.6
América	13.1	24.4	13.3
Europa	12	22.4	16.2
África	2.9	5.4	2.5
Oceania	0.7	1.3	16.1

5.OBJECTIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A GESTÃO DE LIXO

ELECTRÓNICO

Os Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma agenda mundial adoptada durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável em setembro de 2015, composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030 (Anón sem data). Os níveis crescentes de resíduos electrónicos e os métodos de tratamento ilegais e perigosos, como a extração de metais preciosos através da incineração ou a deposição do e-waste em aterros a céu aberto, representam uma ameaça significativa à saúde humana, ao ambiente e à consecução dos ODS.

A gestão do e-waste está quase correlacionada com a maioria dos ODS (Murthy e Ramakrishna 2022), incluindo:

- ODS 3: Boa saúde e bem-estar,
- ODS 6: Resíduos limpos e saneamento,
- ODS 8: Trabalho decente e crescimento económico,
- ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestruturas,
- ODS 11: Cidades e comunidades sustentáveis,
- ODS 12: Consumo e produção responsáveis e
- ODS 14: Vida abaixo da água.

Com o aumento da demanda por matéria-prima para a fabricação de EEE, o e-waste também se correlaciona quase com o indicador do ODS 12, com foco na origem da matéria-prima e no uso doméstico de matéria-prima (Anuardo et al. 2023; Bhat 2023). A Figura 3 ilustra os 17 ODS aprovados na Cúpula de setembro 2015.



Figura 3 – Objectivos do Desenvolvimento Sustentável, (<https://sdgs.un.org/goals>)

Economia circular

Melhorias significativas na recuperação de materiais e na proteção ambiental podem ser alcançadas através da integração de tecnologias avançadas de reciclagem de resíduos eletrónicos em estratégias formais de gestão de resíduos electrónicos. No entanto, a fase inicial dos procedimentos formais de reciclagem envolve normalmente a classificação, verificação, reutilização e reparação de bens recuperados. Os componentes recicláveis são então recuperados manual ou automaticamente. Além disso, um grande número de instalações formais de reciclagem electrónica fornecem materiais como metal, vidro e plástico para terceiros (Anuardo et al. 2023).



Figura 4 – A Cadeia de valores da economia circular, UNESCO e-waste report (2022)

Portanto, a abordagem da economia circular (EC) pode ser tomada como uma abordagem alternativa neste sentido para alcançar a sustentabilidade (Ghulam e Abushammala 2023). A CE promove a recirculação de materiais úteis para prevenir a poluição e para efeitos de gestão de materiais secundários. Assim, a CE é um desenvolvimento económico sustentável que substitui o desenvolvimento económico tradicional através de atividades

como a utilização útil de materiais (reciclagem, recuperação), o prolongamento da vida útil dos componentes do e-waste (reparação, reutilização ou renovação) e a implementação de tecnologias inteligentes, utilização de EEE e de lixo eletrónico (reduzir, repensar, recusar) (Kirchherr et al. 2023). As técnicas de gestão do lixo electrónico, como a redução e a reciclagem, desempenham um papel vital no combate ao problema do e-waste e também ajudam no estabelecimento de CE (Murthy e Ramakrishna 2022).

A introdução da CE para equipamentos eletrónicos reduziu o custo para os consumidores em 7 por cento durante 2020 e espera-se que reduza o custo para o consumidor em 14 por cento em 2040 (Moyo et al. 2023). A proposta inovadora da CE (reutilização e reabilitação) pode apresentar resultados positivos como a redução da procura de matérias-primas, a redução do consumo de recursos naturais básicos, a criação de emprego e a prevenção de impactos adversos decorrentes da exploração e processamento de vários recursos naturais (Ghulam e Abushammala 2023).

Gestão de e-waste nos países da África subsariana

O continente africano, com os seus 54 países, é um dos maiores (30,37 milhões de km²) e mais populosos (1,4 mil milhões habitantes estimados em 2021) continentes da Terra. África representa cerca de 6% da superfície total da Terra, 20% da sua área terrestre e 18% da população global. A taxa média anual de crescimento populacional é superior a 2%, e a densidade populacional média é de 46,1 habitantes por km². O comércio informal de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos é também uma preocupação transcontinental mundial significativa (Moyen Massa e Archodoulaki 2023). O continente comporta cinco sub-regiões, nomeadamente África Central, África Ocidental, África Oriental, África do Norte e África do Sul. A Tabela 4 apresenta a distribuição dos países pelas cinco sub-regiões.

Tabela 4 – Países das sub-regiões de África

Região (Continente)	Sub Região	Países de cada Sub Região
África	África Central	Angola, República Centro Africana, Camarões, Chade, Congo, República Democrática do Congo, Gabão, Guiné Equatorial, São Tomé e Príncipe.
	África	Benin, Burkina Faso, Cabo Verde, Costa de Marfim,

Occidental	Gâmbia, Gana, Guiné, Guiné Bissau, Libéria, Mali, Mauritânia, Níger, Nigéria, Senegal, Serra Leoa, Togo.
África Oriental	Burundi, Comores, Djibuti, Eritreia, Etiópia, Madagascar, Malawi, Maurícias, Moçambique, Quênia, Ruanda, Seychelles, Somália, Sudão do Sul, Tanzânia, Uganda e Zimbabwe.
África do Norte	Argélia, Egito, Líbia, Marrocos, Sudão e Tunísia.
África do Sul	África do Sul, Botswana, Lesoto, Namíbia e Swazilândia.

Fonte: adaptado de (Baldé et al. 2024)

Apesar de África produzir cerca de 5,4 por cento dos resíduos electrónicos do mundo, os movimentos transfronteiriços de REEE são bastante difundidos nos países africanos. Em África, como na maioria dos outros continentes, os recolhedores e recicladores informais dominam a gestão do lixo electrónico; não existem sistemas de devolução estabelecidos nem requisitos de licenciamento para triagem e desmontagem de lixo electrónico. A regulamentação governamental sobre esta indústria é atualmente relativamente limitada e ineficaz. Em África, apenas alguns países emitiram leis sobre resíduos electrónicos (por exemplo, Egito, Madagáscar, Gana, Ruanda, Nigéria, Camarões, África do Sul e Costa do Marfim). No entanto, executar a lei é tedioso. O Ruanda, por exemplo, estabeleceu recentemente legislação que controla o tratamento do lixo electrónico. Em 2012, o Uganda promulgou uma Política de Gestão de Resíduos Electrónicos. Ruanda, Tanzânia, Burundi, Uganda, Sudão do Sul e Quênia formaram um plano regional de resíduos electrónicos para desenvolver um sistema de gestão de resíduos electrónicos a longo prazo na África Oriental (Murthy e Ramakrishna 2022).

Embora a monitorização do movimento transfronteiriço de e-waste para África seja notoriamente difícil, três países africanos, dois na costa oeste, Gana e Nigéria, e um na costa leste, a Tanzânia, foram identificados como destinatários de e-waste proveniente de a UE/Reino Unido. Outros países beneficiários em África também receberam lixo electrónico de países desenvolvidos. Actualmente, faltam dados de importação de e-waste para as Américas e a Ásia, no entanto, pode-se presumir que muitas outras cidades portuárias em África estão igualmente a receber grandes volumes dos mesmos tipos de produtos de consumo europeus descartados.

A geração de e-waste na África, com uma geração média anual per capita de e-waste de 2,5 kg, está bem abaixo da Europa (16,2 kg) e das Américas (13,3 kg). África gera

localmente entre 50 e 85% do seu e-waste total, sendo o restante proveniente de importações transfronteiriças ilegais de países desenvolvidos nas Américas, Europa e China (Maes e Preston-Whyte 2022).

Neste estudo, foram selecionados quatro países situados ao sul do Saara, nomeadamente, África do Sul, Nigéria, Quénia e Angola. As estatísticas relativas ao ano 2022 indicam que a África do Sul (527 Mkg) foi o país que gerou maior quantidade de lixo electrónico, seguido da Nigéria (497 Mkg), Angola (148 Mkg) e o que menos produziu foi o Quénia (88 Mkg). A Tabela 5 apresenta os dados estatísticos da geração de lixo electrónico.

Tabela 5 – Estatística de produção de lixo electrónico, em 2022

País	E-waste gerado (Milhões de kg)	E-waste por pessoa (kg/pessoa)	Região africana	Fontes
Angola	148	4.2	Central	(Baldé et al. 2024; Moyen Massa e Archodoulaki 2023)
África do Sul	527	8.8	Sul	
Quénia	88	1.6	Oriental	
Nigéria	497	2.3	Ocidental	

África do Sul

No continente africano, a África do Sul é um dos maiores geradores de lixo electrónico. Embora não tenha havido quantificação de quanto e-waste é gerado na África do Sul, o Departamento de Assuntos Ambientais (DEA) estimou que cada cidadão sul-africano produz aproximadamente 8.8 quilogramas (kg) de e-waste a cada ano, dos quais apenas 12% são documentados e reciclados. Embora o número exato da quantidade total de e-waste gerado no país não tenha sido quantificado, o (DEA) estimou que cada sul-africano gera aproximadamente 8.8 quilogramas (kg) de e-waste anualmente, dos quais apenas 12% é reciclado (Jefthas sem data).

Na África do Sul, o tratamento do lixo eletrônico representa um sério desafio devido às práticas de eliminação não científicas e à falta de quadros jurídicos específicos em torno da gestão do lixo eletrônico (Ichikowitz e Hattingh 2020; Moyo et al. 2023). Como resultado, algumas organizações continuam a armazenar o seu e-waste porque não sabem como descartá-lo. Esta falta de conscientização ou de informação sobre resíduos

contribui para a prática ilícita de descarte de e-waste em aterros sanitários ou locais abertos por organizações sul-africanas (Moyo et al. 2023).

Quénia

Quénia, com 32 milhões de assinantes móveis e 22 milhões de utilizadores de Internet em 2014 e estes números aumentaram dramaticamente em 2018 para 45,6 milhões de assinantes móveis e 41,1 milhões de utilizadores de Internet (Ministério do Ambiente e Florestas do Quénia 2019). A maioria dos produtos TIC no Quénia são importados de países como a Grã-Bretanha, China, Malásia e EUA (Bimir 2020). Tanto os intervenientes formais como informais desempenham um papel na recolha, reciclagem e eliminação de lixo electrónico no Quénia. No entanto, o processo é maioritariamente gerido pelo setor informal e a maioria destes operadores tem competências inadequadas, não estão registados nem autorizados e operam de forma secreta na indústria informal (Bimir 2020). Apesar dos muitos desafios e efeitos nocivos resultantes do lixo electrónico, existem muitos benefícios úteis, como a criação de emprego, gerar receita, e produzir subprodutos residuais que podem ser usados para alimentar outras indústrias locais. O Quénia é signatário de convenções internacionais, (Otieno e Omwenga 2016).

Nigéria

Na Nigéria, país mais populoso de África, e como na maioria dos países em desenvolvimento, falta uma gestão adequada do lixo electrónico e dos invólucros de plástico e existem poucas tecnologias para a separação (Asante, Amoyaw-Osei, e Agusa 2019). A Nigéria tem formulado várias leis e proclamações orientadas para o ambiente nas últimas décadas, criou a Agência Federal de Protecção Ambiental (FEPA) no final da década de 1980 com o mandato, entre outras funções, de supervisionar a gestão de resíduos sólidos em todo o país (Bimir 2020).

Em 2015, a Nigéria registou 56.000 toneladas de lixo electrónico importado; em 2017, o número aumentou para 288.000 toneladas, o que é mais de quatro vezes superior em dois anos. Embora estatisticamente contestado, aproximadamente 90% dos REEE provêm da União Europeia e dos Estados Unidos (45% cada) (Bimir 2020). Não se preocupa apenas em controlar o fluxo transfronteiriço de lixo electrónico, mas também

abrange todas as facetas do setor dos EEE, do berço ao túmulo, através de uma perspectiva de ciclo de vida (Ghulam e Abushammala 2023).

Angola

Em Angola, tal como muitos países em via de desenvolvimento, há escassez de legislação e acções oficiais relacionadas a gestão de lixo electrónico. Os dados disponíveis indicam a predominância da gestão informal do lixo electrónico, com uma produção de 148 Mkg e na razão de 4.2 kg/pessoa, de e-waste em 2022 (Baldé et al. 2024).

Desafios e oportunidades para a gestão do e-waste em angola

As experiências analisadas a nível regional, continental e mundial, despertam não apenas desafios, mas também oportunidades na gestão de e-waste para Angola no geral, e para o INSTIC em particular. A incorporação das práticas de reciclagem não apenas contribui para a gestão ambiental responsável, mas também cria uma abordagem circular, transformando resíduos electrónicos em recursos valiosos que alimentam a inovação e o ensino prático nos laboratórios da universidade, alinhados nas seguintes premissas:

- a) **Missão e Valores do INSTIC:** O projecto está alinhado com a missão do INSTIC de promover o avanço tecnológico e a formação de profissionais éticos e responsáveis. A reciclagem demonstra um compromisso prático com os valores de sustentabilidade e responsabilidade ambiental.
- b) **Contribuição para a Educação Ambiental:** O INSTIC, como instituição de ensino superior, tem a oportunidade de liderar iniciativas educacionais sobre sustentabilidade ambiental. O projecto de reciclagem oferece uma plataforma para conscientização e educação ambiental entre estudantes, docentes e funcionários;
- c) **Laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento:** Os laboratórios de informática, telecomunicações e electrónica no INSTIC podem se beneficiar diretamente da reciclagem, recebendo componentes reutilizáveis para projectos práticos. Isso amplia as oportunidades de pesquisa e desenvolvimento, estimulando a inovação sustentável;

- d) **Responsabilidade Social e Impacto Comunitário:** O projecto contribui para a responsabilidade social do INSTIC ao demonstrar preocupação com a comunidade e o meio ambiente. A reciclagem tem impacto positivo não apenas dentro da instituição, mas também na comunidade circundante.
- e) **Alinhamento com Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS):** A iniciativa de reciclagem pode ser enquadrada em objetivos relacionados ao desenvolvimento sustentável, como ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima);
- f) **Estímulo à Colaboração com Empresas e Parceiros Externos:** A implementação do projecto abre portas para parcerias sustentáveis com empresas de reciclagem certificadas e outras organizações que compartilham o compromisso com práticas ambientais responsáveis;
- g) **Potencial para Reconhecimento Institucional:** O projecto pode ser uma fonte de reconhecimento institucional, destacando o INSTIC como uma instituição comprometida com a inovação, sustentabilidade e responsabilidade social;
- h) **Integração em Programas Académicos:** Pode ser integrado em programas académicos, proporcionando aos estudantes oportunidades práticas de aprendizado e envolvimento em projectos sustentáveis;
- i) **Cumprimento de Regulamentações Ambientais:** O projecto garante o cumprimento de regulamentações ambientais relacionadas à gestão de resíduos electrónicos, promovendo a conformidade e evitando possíveis sanções legais;
- j) **Contribuição para uma Imagem Institucional Positiva:** O INSTIC, ao adotar práticas sustentáveis, reforça uma imagem positiva perante estudantes, colaboradores, parceiros e a sociedade em geral, destacando-se como uma instituição preocupada com o futuro do planeta.

Portanto, ao enquadrar o projecto de reciclagem dentro do contexto do INSTIC, a instituição reforça seu compromisso com a excelência académica, a inovação sustentável e a responsabilidade social, criando um impacto positivo tanto interna quanto externamente.

Discussão

A gestão sustentável do lixo electrónico pode combater a pobreza e criar empregos para

os jovens desempregados através da recolha, reciclagem e processamento mais seguros do lixo electrónico, o que também salvaguardaria o ambiente e a saúde humana dos perigos representados pelos contaminantes tóxicos emanados da queima, juntamente com os níveis crescentes de lixo electrónico.

Oportunidades de emprego - a reciclagem de e-waste é uma fonte de emprego para uma massa de jovens não qualificados, com a cadeia de valor empregando muito mais pessoas com habilidades (Asante et al. 2019). Os benefícios económicos na recolha de REEE (residências, escritórios, indústrias, etc.) e no transporte para instalações de reciclagem são uma fonte de rendimento para muitas pessoas no sector informal (geralmente pessoas no escalão económico mais baixo).

Um grande número de manipuladores informais que servem como coletores e catadores de lixo electrónico ajudam a limpar o ambiente do lixo electrónico descartado do fluxo de resíduos - apoiando a enorme quantidade de geração de lixo electrónico a partir do uso comum de EEE nas comunicações, TI, empresas, indústria e escolas, que de outra forma representariam ameaças ambientais e à saúde devido às frações perigosas dos resíduos electrónicos.

A renovação de equipamentos quase em fim de vida para venda e reutilização fornece EEE alternativos mais baratos aos consumidores. Existem muitos desafios e oportunidades em relação ao e-waste e sua gestão. Um dos principais desafios é a falta de legislação sobre lixo electrónico. Além das nações desenvolvidas, a maioria dos países em desenvolvimento ainda não possui legislação sobre e-waste (Shahabuddin et al. 2022). Nos países em desenvolvimento, no entanto, a gestão do lixo electrónico nunca foi vista como um problema sério, levando a uma saúde e ao ambiente precários e inseguros em torno dos locais de despejo. No entanto, a adoção e implementação de estratégias, políticas e legislação de gestão de resíduos electrónicos pode melhorar drasticamente estas condições.

Conclusões

A experiência do processo de gestão de e-waste nos países analisados, leva a concluir que a gestão organizada e orientada formalmente, proporciona vários benefícios e oportunidades para as pessoas e instituições, garantindo a sustentabilidade (ambiental, socioeconómica e tecnológica). Este facto é também apontado para INSTIC.

Rerereferências

Ahmed, Meraj, e Shiva Sai Reddy Chirra. (sem data). «Management of Electronic Waste (E-Waste) & Its Role on Circular Economy»:

Andeobu, Lynda, Santoso Wibowo, e Srimannarayana Grandhi. 2021. «An assessment of e-waste generation and environmental management of selected countries in Africa, Europe and North America: A systematic review». *Science of The Total Environment* 792:148078. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148078.

Anón. (sem data). «THE 17 GOALS | Sustainable Development». Obtido 17 de abril de 2024 (<https://sdgs.un.org/goals>).

Anuando, Rafaela Garbelini, Maximilian Espuny, Ana Carolina Ferreira Costa, Ana Lúcia Gil Espuny, Yiğit Kazançoğlu, Jayakrishna Kandsamy, e Otávio José De Oliveira. 2023. «Transforming E-Waste into Opportunities: Driving Organizational Actions to Achieve Sustainable Development Goals». *Sustainability* 15(19):14150. doi: 10.3390/su151914150.

Asante, Kwadwo Ansong, Yaw Amoyaw-Osei, e Tetsuro Agusa. 2019. «E-waste recycling in Africa: risks and opportunities». *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 18:109–17. doi: 10.1016/j.cogsc.2019.04.001.

Awasthi, Abhishek Kumar, Eleni Iacovidou, Mrigendra Kumar Awasthi, Michael Johnson, Keshav Parajuly, Min Zhao, Saket Mishra, e Akhilesh Kumar Pandey. 2023. «Assessing Strategic Management of E-Waste in Developing Countries». *Sustainability* 15(9):7263. doi: 10.3390/su15097263.

Baldé, Cornelis P., Ruediger Kuehr, Tales Yamamoto, Rosie McDonald, Elena D'Angelo, Shahana Althaf, Garam Bel, Otmar Deubzer, Elena Fernandez-Cubillo, Vanessa Forti, Vanessa Gray, Sunil Herat, Shunichi Honda, Giulia Iattoni, Vittoria Luda di Cortemiglia, Yuliya Lobuntsova, Innocent Nnorom, Noémie Pralat, e Michelle Wagner. 2024. «THE GLOBAL E WASTE MONITOR 2024».

- Bhat, Viraja. 2023. «E-Waste Management and Achieving SDG-Challenges in Indian Context». *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1161(1):012008. doi: 10.1088/1755-1315/1161/1/012008.
- Bimir, Mathias Nigatu. 2020. «Revisiting e-waste management practices in selected African countries». *Journal of the Air & Waste Management Association* 70(7):659–69. doi: 10.1080/10962247.2020.1769769.
- Ghulam, Salma Taqi, e Hatem Abushammala. 2023. «Challenges and Opportunities in the Management of Electronic Waste and Its Impact on Human Health and Environment». *Sustainability* 15(3):1837. doi: 10.3390/su15031837.
- Ichikowitz, Ruby, e Teresa Hattingh. 2020. «CONSUMER E-WASTE RECYCLING IN SOUTH AFRICA». *South African Journal of Industrial Engineering* 31(3). doi: 10.7166/31-3-2416.
- Islam, Md. Kaviul, Mst. Sharifa Khatun, e Monjur Mourshed. 2024. «An in-depth analysis and review of management strategies for E-waste in the south Asian region: A way forward towards waste to energy conversion and sustainability». *Heliyon* 10(7):e28707. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e28707.
- Jeffhas, Tammy Lee. sem data. «E-WASTE MANAGEMENT, PRACTICES, KNOWLEDGE, AND BEHAVIOUR: A CASE STUDY OF STELLENBOSCH UNIVERSITY».
- Kirchherr, Julian, Nan-Hua Nadja Yang, Frederik Schulze-Spüntrup, Maarten J. Heerink, e Kris Hartley. 2023. «Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions». *Resources, Conservation and Recycling* 194:107001. doi: 10.1016/j.resconrec.2023.107001.
- Maes, Thomas, e Fiona Preston-Whyte. 2022. «E-waste it wisely: lessons from Africa». *Sn Applied Sciences* 4(3):72. doi: 10.1007/s42452-022-04962-9.
- Moyen Massa, Gilbert, e Vasiliki-Maria Archodoulaki. 2023. «Electrical and Electronic Waste Management Problems in Africa: Deficits and Solution Approach». *Environments* 10(3):44. doi: 10.3390/environments10030044.
- Moyo, Tlhalefo Petterson, Sam Lubbe, e Kenneth Ohei. 2023. «Exploring E-Waste Management Practices in South African Organisations». *Research in World Economy* 14(1):12. doi: 10.5430/rwe.v14n1p12.
- Murthy, Venkatesha, e Seeram Ramakrishna. 2022. «A Review on Global E-Waste Management: Urban Mining towards a Sustainable Future and Circular Economy». *Sustainability* 14(2):647. doi: 10.3390/su14020647.

Nahar, Nabila, Ajwad Anwar, e Subarna Tanni. 2017. «Electronic Waste: A Review».

Nnorom, Innocent C., e Olusegun A. Odeyingbo. 2020. «14 - Electronic waste management practices in Nigeria». Pp. 323–54 em *Handbook of Electronic Waste Management*, editado por M. N. V. Prasad, M. Vithanage, e A. Borthakur. Butterworth-Heinemann.

Novelero, J., e O. Mariano. 2021. «Electronic Waste Analysis and Characterization Study: Management Input for Highly Urbanized Cities». *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 801(1):012012. doi: 10.1088/1755-1315/801/1/012012.

Otieno, Ibrahim, e Elijah Omwenga. 2016. «E-Waste Management in Kenya: Challenges and Opportunities». *Journal of Emerging Trends in Computing Information Sciences* Volume 6 No 12:661.

Shahabuddin, M., Md Nur Uddin, Jahedul Chowdhury, Shams Ahmed, Md.Nasir Uddin, Md. Mofijur Rahman, e M. Uddin. 2022. «A review of the recent development, challenges, and opportunities of electronic waste (e-waste)». *International Journal of Environmental Science and Technology* 20. doi: 10.1007/s13762-022-04274-w.