

# IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA AUXÍLIO NA COLETA DOMICILIAR

IMPLEMENTATION OF AN URBAN SOLID WASTE COLLECTION SYSTEM TO SUPPORT HOUSEHOLD WASTE COLLECTION

**Igor de Almeida Lima**

ial@a.recife.ifpe.edu.br

**Anderson L. S. Moreira**

anderson.moreira@recife.ifpe.edu.br

---

## RESUMO

O crescimento significativo do número de sistemas embarcados—principalmente inseridos em um ambiente contextualizado pelo paradigma tecnológico da Internet das Coisas (IoT) – tem sido responsável por uma geração massiva de dados detentores de uma capacidade intrínseca de produção de valor. A atualização crescente destes sistemas tem sido utilizada nas mais diversas áreas do conhecimento, entre elas a de gestão ambiental. O presente artigo mostra a implementação um sistema de coleta de resíduos urbano, denominado SiCOL (Sistema de Coleta de Lixo Inteligente), que foi desenvolvido e aprimorado no IFPE/Campus Recife em parceria com a UFPE, nos conceitos da IoT, para melhoria do sistema de coleta sanitária do lixo urbano nos campi citados.

Palavras-chave: Coleta de resíduos. Aplicativo. Internet das Coisas.

## ABSTRACT

The significant growth in the number of embedded systems – mainly inserted in a contextualized environment by the technological paradigm of the Internet of Things (IoT) – has been responsible for a massive generation of data that has an intrinsic capacity to produce value. The increasing update of these systems has been used in the most diverse areas of knowledge, including environmental management. The current article shows the implementation of an urban garbage collection system, denominated SiCOL (Intelligent Garbage Collection System), which was developed and improved at IFPE/Campus Recife in partnership with UFPE, in the concepts of IoT, to improve the sanitary collection system of urban waste in the campuses.

Keywords: Waste collection. Application. Internet of Things.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial marcou as relações do homem moderno com o meio ambiente. Um dos processos mais marcantes foi o rápido processo de crescimento das cidades (urbanização), fator esse ainda crescente nos dias atuais e que vem resultando num crescimento desordenado dos grandes centros urbanos com impactos ambientais variados. A partir da década de 1970, a percepção das limitações deste modelo de desenvolvimento alavancou na sociedade a discussão de temas ligados à degradação ambiental. Assim, o desenvolvimento sustentável nasce como um desafio para a sociedade contemporânea (RODRIGUES *et al.*, 2005).

A postura da sociedade atual, convivendo com a imposição de padrões de consumo e crescente utilização de produtos com menores ciclos de vida e de embalagens descartáveis, tem gerado uma grande quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) (GONÇALVES *et al.*, 2013). Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2017, a geração de RSU no Brasil foi de 78.426.820 toneladas por ano, sendo a região Nordeste responsável por 20.254.580 toneladas por ano, o que representou aproximadamente 25,83% do total de RSU gerado no Brasil. Desse total, cerca de aproximadamente 55% do RSU gerado é matéria orgânica, que potencialmente pode ser aproveitada na forma de geração de energia.

Nesta direção, do ponto de vista da gestão do resíduo, a coleta é o passo

inicial. Diversos estudos mostram que a gestão dos RSU compõe, como objetivo, parte das estratégias para o desenvolvimento sustentável. Em termos de resíduo, a essência do problema deve ser atacada de ponta a ponta de forma que, devemos ser racionais tanto em relação ao uso dos recursos naturais quanto a gestão sustentável dos resíduos gerados.

Diante do contexto exposto, este artigo apresenta o desenvolvimento do sistema de coleta de lixo inteligente denominado SiCOL, que tem como objetivo auxiliar no processo de gestão ambiental aplicado à adequada solução dos RSU implicitamente nos campi em desenvolvimento do projeto. SiCOL foi desenvolvido como demanda do Centro de Ciências Nucleares do Nordeste da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) para o Laboratório de Inteligência Artificial Aplicada do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) - Campus Recife.

O artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta os principais conceitos relacionados a gestão de RSU, o processo metodológico adotado é descrito na seção 3; a seção 4 apresenta o desenvolvimento do software; e, por fim, na seção 5 são apresentadas as considerações finais.

## 2 GESTÃO DE RSU AUXILIADO POR SISTEMAS EMBARCADOS

A complexidade que envolve o tema, demanda soluções em diferentes frentes de trabalho e a união de expertises dentro de um ambiente multidisciplinar. Desde 2010 têm-se no Brasil o plano Nacional de Resíduos Sólidos que regulamenta a reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos

sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. No entanto, passados 11 anos a gestão adequada dos RSU é ainda um grande desafio para o Brasil, situação semelhante a outros países em desenvolvimento (HENRY *et al.*, 2006).

A preocupação com os resíduos vem sendo discutida há algumas décadas nas esferas nacional e internacional, devido à expansão da consciência coletiva com relação ao meio ambiente. Assim, o enredamento das atuais demandas ambientais, sociais e econômicas induz a um novo posicionamento dos três níveis de governo, da sociedade civil e da iniciativa privada.

Segundo DEUS *et al.*, (2020), o modelo de coleta de gestão de resíduos no Brasil apresenta algumas dificuldades que devem ser consideradas como os desafios a serem vencidos, especialmente em pequenas cidades. A forma mais correta de realizar um sistema de coleta, seria a cobertura em 100% do resíduo gerado, na forma de coleta seletiva. Cabe destacar que, na coleta seletiva os resíduos são previamente separados segundo a sua constituição ou composição, ou seja, resíduos com características similares são selecionados pelo gerador (que pode ser o cidadão, uma empresa ou outra instituição) e disponibilizados para a coleta separadamente.

A coleta seletiva também é feita de forma deficitária em instituições públicas. Muitas vezes apenas é disposto um recipiente com cores diferentes, mas os materiais são descartados de qualquer forma. Os sistemas de coleta de resíduos atuais não operam sob bases tecnológicas bem definidas para uma melhor organização da logística, seja em termos da centrais de tratamento dos

resíduos ou organizar a coleta junto à população. Segundo Fidelis (2020), o maior problema com o sistema de coleta do resíduo é a falta de periodicidade no horário de coleta. Essa desorganização obriga as famílias a depositar seu resíduo na porta das casas por horas ou dias antes do horário que deveriam.

O conceito de cidades inteligentes é um ecossistema urbano inovador caracterizado pelo uso generalizado de tecnologia na gestão de seus recursos e de sua infraestrutura. Neste ambiente, tecnologia e inovação são coordenadas de forma equilibrada e integradas à infraestrutura urbana tradicional para melhor realizar a visão de futuro da cidade. Trata-se de um modelo urbano baseado na utilização de tecnologias da informação e comunicação (TIC) para melhores resultados nas seguintes dimensões: economia, pessoas, governança, mobilidade, meio ambiente e qualidade de vida. Entretanto, esta visão de futuro, em uma cidade inteligente, deve ser construída sobre atitudes decisivas e conscientes dos diferentes atores do espaço urbano (DEPINÉ *et al.*, 2018).

Entre as diversas aplicações existentes para cidades inteligentes, a gestão adequada de RSU possui impacto significativo na qualidade de vida dos cidadãos. O descarte inadequado desses materiais está diretamente relacionado com a proliferação de insetos nocivos, aumentando a ocorrência de doenças e prejuízos ambientais.

Dentre as formas de melhoria do meio ambiente urbano, e também uma aplicabilidade do conceito de cidades inteligentes, podemos destacar o uso da Internet das Coisas (IoT). Para tornar as cidades mais ecológicas, seguras e eficientes, a IoT pode desempenhar papel importante,

possibilitando a melhoria na qualidade de vida por meio de dispositivos conectados com veículos e infraestruturas de cidades. As melhores soluções tecnológicas podem ser alcançadas em cidades inteligentes, fazendo com que diferentes componentes trabalhem em conjunto. Cada vez mais cidades estão implementando novos sistemas baseados nesta tecnologia para otimizar aplicações já existentes e criar novos serviços (VERSAMESSAN; FRIESS, 2004).

### 3 METODOLOGIA APLICADA NO DESENVOLVIMENTO

Como ponto inicial do desenvolvimento divulgamos o SiCOL nas localidades em que o sistema foi implementado. A partir da divulgação, um estudo de caso do problema foi colocando a equipe de pesquisadores e colaboradores cientes de como devem criar a regra de negócio de acordo com a adaptação do modelo já existente de coleta, fazendo um levantamento dos requisitos que a comunidade exige e, desta forma, separando as ferramentas necessárias.

Assim, a equipe fez o refino do problema adaptando aos novos requisitos e propôs o desenho inicial de uma solução. O protótipo foi então utilizado para uma melhor compreensão dos benefícios, desafios e problemas, e verificação se estes estão de acordo com o que foi planejado pela equipe de pesquisadores. Então, fica mais linear o desenvolvimento de uma solução final do *software*.

Como o ponto crucial do projeto é a validação da solução proposta, usou-se o protótipo desenvolvido para estudar a maneira tanto qualitativa quanto quantitativa das características

principais do produto construído, bem como se este está de acordo com que as instituições que irão utilizar exigem.

Passada a parte de projeto, em que foram definidas as tecnologias utilizadas, a elaboração do protótipo e a modelagem, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para encontrar soluções semelhantes. A seguir, foi realizada a definição de esquema do protótipo, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Sistemas de rota e informações aos usuários.



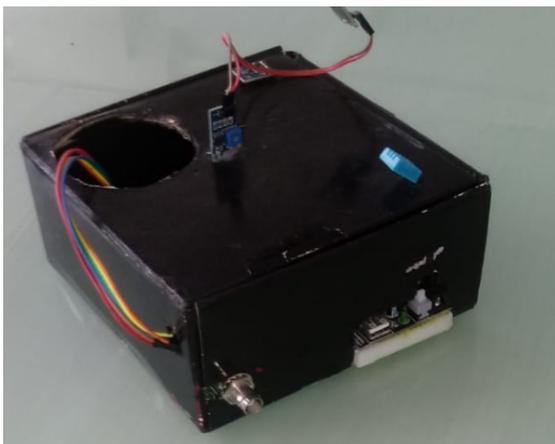
Fonte: Os autores (2022).

A Figura 1 mostra que o caminhão de coleta irá notificar os usuários de uma determinada região, informando o horário e a sua localização de passagem. Além disso os clientes do sistema podem notificar a central informando que naquela rua já se encontra lixo despejado. Desta forma a rota é feita de forma eficiente, pois irá captar os reservatórios de RSU que já estão no trajeto do caminhão.

Os veículos que fazem parte do teste do projeto têm uma caixa com o protótipo no nível de *hardware*, o mesmo poderá ser visto na Figura 2, e este se comunica com uma central de servidor de aplicação para informar através de *broadcast* aos usuários onde está o veículo em rota e o horário

de passagem para coleta. Além disso alguns outros sensores foram incluídos no protótipo (nível de CO<sub>2</sub>, temperatura e humidade) para uma posterior atualização do projeto com captura de novas informações.

Figura 2 – Foto do dispositivo de localização e IoT.



Fonte: Os autores (2022).

A etapa seguinte do desenvolvimento foi a criação do aplicativo móvel que foi gerenciada utilizando a metodologia *Kanban*<sup>1</sup>. A tecnologia empregada foi a *Flutter*<sup>2</sup> para desenvolvimento móvel tanto em dispositivos *Android*, quanto *iOS*, o banco de dados utilizado foi o *PostgreSQL*<sup>3</sup> e, para o back-end foi utilizado o *framework SpringBoot*<sup>4</sup> com linguagem *JAVA*<sup>5</sup>. O projeto envolveu um aluno de TCC, três bolsistas de Extensão Acadêmica do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas e três professores, sendo estes dois de Computação e um de Gestão Ambiental.

Por fim, considerou-se importante, para sedimentar os conhecimentos

estudados e desenvolvidos pela equipe do projeto, a devida documentação das contribuições alcançadas, como também a divulgação com outros pesquisadores que, com base nos artefatos produzidos no projeto em questão, poderão gerar novas contribuições.

#### 4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Como citado anteriormente o sistema SiCOL deve: (1) Desenvolver um sistema que indica quando irá ser a coleta em uma determinada rua dos campi; (2) Favorecer o despejo do RSU nas vias e a coleta rápida; (3) Interagir com a comunidade universitária; (4) Verificar o uso do sistema quanto a se este está sendo disponibilizado de forma correta e se o veículo está sendo monitorado. As tecnologias utilizadas no desenvolvimento permitem que o aplicativo móvel possa ser disponibilizado nas mais diversas plataformas, inclusive uma *Web* se for o caso. Os dados capturados pelo protótipo são armazenados em uma aplicação *JAVA* com arquitetura voltada para Micro-Serviços (MS) baseados em nuvem, atualmente disponível no site do IFPE.

Os dados atualizados são sincronizados em todos os dispositivos conectados desde que tenham conexão com a internet. Caso não haja conexão (*offline*), o aplicativo irá exibir os dados que foram obtidos no último acesso do usuário, ou seja, a última vez em que foi possível sincronizar a interface com o back-end o qual está centralizada as informações de coleta.

A Figura 3 representa o diagrama de casos de uso da UML (*Unified Modeling Language*),

<sup>1</sup> <https://www.atlassian.com/agile/kanban>

<sup>2</sup> <https://www.flutter.dev>

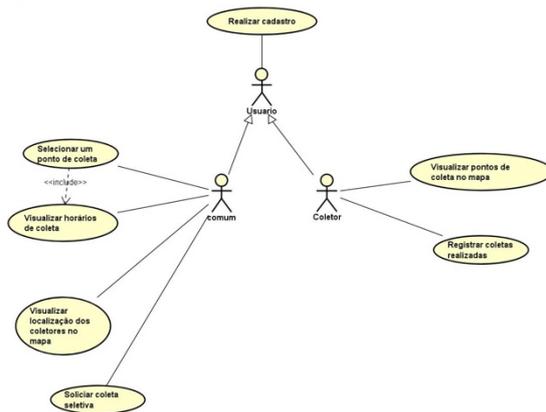
<sup>3</sup> <https://www.postgresql.org/>

<sup>4</sup> <https://spring.io/>

<sup>5</sup> <https://www.java.com/pt-BR/>

destacando o ator <<USUARIO>> e os principais requisitos funcionais (relacionamento de casos de uso) identificados. Estes compõem a regra de negócio do sistema como um todos.

Figura 3 – Modelo de casos de uso do sistema proposto.



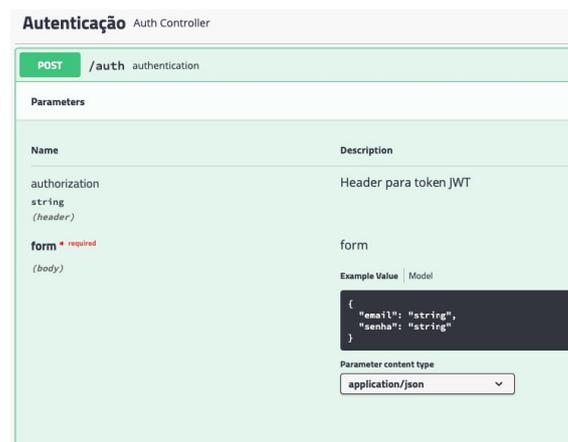
Fonte: Os autores (2022).

O sistema SiCOL apresenta duas interfaces: uma que é disponibilizada para os alunos e servidores dos campi em estudo e outra que é do motorista ou catador de RSU. Estas estão relacionadas entre si. No momento que o prestador de serviço sai da central de coleta, este aciona o sistema e o aplicativo começa a enviar os dados de sua localização. Com isso, na visão de “alunos”, é possível mostrar o trajeto que o “motorista” irá fazer para recolher o lixo. Então, o sistema atualiza a base de dados para que seja obtido dados inerentes aos pontos de coleta e estes sejam repassados a visão que os requisitar. Dentre os dados obtidos temos: histórico de localização da unidade de coleta de resíduos; tempo médio desde sua saída até um determinado ponto; previsão de chegada baseado no histórico; dias em que há coleta, entre outros.

Uma análise de usabilidade de interface foi estabelecida para criação

da aplicação. A primeira função do aplicativo é o cadastro do usuário, que deve preencher o cadastro com nome e senha para efetuar o *login*. Para isso, a integração entre o aplicativo e o back-end utiliza o *JSON Web Token (JWT)* para assinar as requisições, provendo assim a segurança dos dados que são trafegados e a identificação do usuário logado (Figura 4). Ao acessar, o aplicativo aciona o GPS do próprio celular ou uma rua digitada para se localizar e traçar o mapeamento das informações sobre os pontos de coleta. Desta forma ele saberá quando a coleta de lixo será feita naquela localidade. O mesmo pode ser visto na Figura 5.

Figura 4 - Modelo de autenticação.



Fonte: Os autores (2022).

Figura 5 – Cadastro de localização.



Fonte: Os autores (2022).

Desta forma, após o cadastro, o sistema já disponibiliza para o usuário a localização dos pontos de coleta. Como podemos ver na Figura 6.

Figura 6 –Verificação de coleta.



Fonte: Os autores (2022).

O cliente também pode ver, através de um sistema de lista, onde está o veículo e o horário que irá passar

naquela localização, conforme observa-se na Figura 7. Quando a coleta é efetuada, o sistema informa a central que a mesma foi efetuada. Estas informações podem ser utilizadas para a geração de relatórios gerenciais que podem favorecer a gestão dos campi. Dentre as informações pode-se citar: velocidade média; distância total percorrida; velocidade e distância entre pontos baseado na melhor rota indicada pelo aplicativo; horário de congestionamentos baseado no tempo de coleta; consumo médio de combustível; emissão de CO<sub>2</sub>, dentre outras informações que a gestão julgar necessárias.

Figura 7 – Localização no formato de lista.



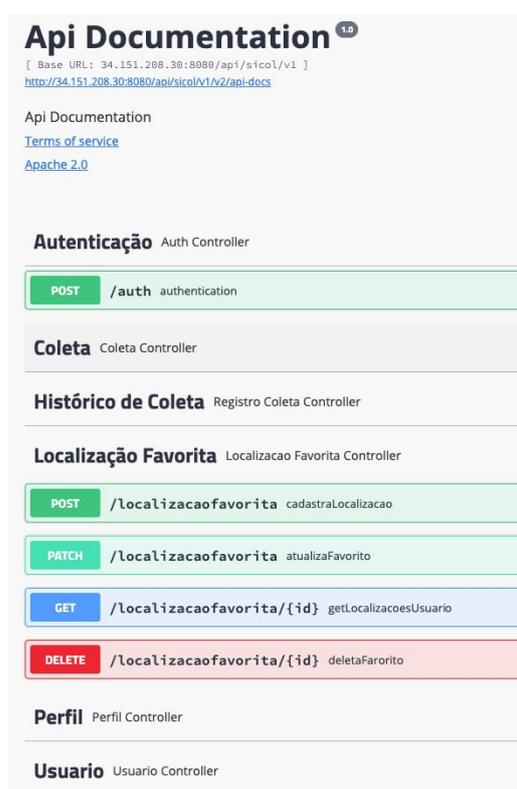
Fonte: Os autores (2022).

O back-end foi construído baseado numa arquitetura de MS com Interface de Programação de Aplicação (API) em *Rest*. Cada tela do aplicativo faz o consumo de maneira síncrona a uma ou mais APIs desenvolvidas no back-end.

Para documentar as API desenvolvidas foi utilizado o *framework*

*Swagger*, que traz um conjunto de ferramentas em forma de biblioteca *Java* que auxilia na modelagem, documentação, design e geração de código para o desenvolvimento utilizando o conceito de *OpenApi*. Na Figura 8, pode-se observar uma lista de APIs disponíveis atualmente no SiCOL.

Figura 8 - Documentação das APIs.



Fonte: Os autores (2022).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O sistema criado contribui para criação de uma coleta seletiva mais direcionada e com contribuição do usuário, permitindo ainda um monitoramento dos veículos. A versatilidade dessa tecnologia consegue atender a diferentes tipos de veículos de coleta, além de promover uma melhor gestão da coleta de lixo. Assim, a tecnologia é utilizada em

função de facilitar toda a logística de um processo complexo, deixando o fluxo de interação entre instituição e usuário mais inteligente e eficiente. O projeto SiCOL contribui então para uma coleta de lixo adequada, seguindo os preceitos de descarte, de forma a promover dois dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) no Brasil promovido pelas Nações Unidas: o número 9, através da adoção de tecnologias e processos industriais limpos e desenvolvimento tecnológico (NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2021a); e o número 11, com o planejamento e gestão de resíduos (NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2021b).

Além disso, o modelo proposto neste projeto será implementado na rede local dos campi envolvidos. O servidor de dados permanece armazenando os valores enviados pelos sensores de forma contínua, 24 horas por dia, e segue provendo dados para uma aplicação que possibilita o acompanhamento gráfico de sua evolução e de futuras análises.

No futuro, espera-se que nos outros campi também tenham sistemas semelhantes e desta forma criar um ambiente integrado para aplicação de coleta de RSU eficiente, favorecendo os servidores e alunos que estão no sistema de gerenciamento. Além disso, está em desenvolvimento um sistema de lixeiras inteligentes e de otimização de rota dos veículos, economizando desta forma combustível e energia.

Da maneira que o projeto foi estruturado, também é possível se estender para uma versão *Web* responsiva, de forma a facilitar as tratativas administrativas do sistema como um todo, provendo relatórios e dados estatísticos voltados para a gestão ambiental dos campi. O aperfeiçoamento das funcionalidades

já é uma realidade/necessidade do aplicativo no que se refere a prover uma gestão fácil e responsável dos RSU.

É válido destacar que, o projeto já está sendo negociado para uma prefeitura do interior do Estado de Pernambuco e irá ser implantado de forma voluntária.

## REFERENCIAS

Depiné, Á., Azevedo, I. S. C., Gaspar, J. V., Vanzin, T (2018). Cidade inteligente: a transformação do espaço urbano pela tecnologia. In: DEPINÉ; Ágatha; TEIXEIRA, Clarissa. (Org.). Habitats de inovação: conceito e prática. 1ed. São Paulo: Perse, v. 1.

Deus, R. M., Mele, F. D., Bezerra, B. S., & Battistelle, R. A. (2020). Analytical framework and data for a municipal solid waste environmental performance assessment. *Data in brief*, 28, 105085.

Fidelis, R., Marco-Ferreira, A., Antunes, L. C., & Komatsu, A. K. (2020). Socio-productive inclusion of scavengers in municipal solid waste management in Brazil: Practices, paradigms and future prospects. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 104594.

Gonçalves, M. A., Tanaka, A. K., & Amedomar, A. A. (2013). A destinação final dos resíduos sólidos urbanos: alternativas para a cidade de São Paulo através de casos de sucesso. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 5(1), 96-129.

Henry, R. K., Yongsheng, Z., & Jun, D. (2006). Municipal solid waste management challenges in developing countries—Kenyan case study. *Waste management*, 26(1), 92-100.

Nações Unidas no Brasil. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 9 – Indústria, inovação e infraestrutura. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/9>>. Acesso em: 10 de novembro de 2021a.

Nações Unidas no Brasil. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 – Cidades e comunidades sustentáveis. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>>. Acesso em: 14 de novembro de 2021b.

Rodrigues, A. M., Rodrigues, I. C., & Rebelato, M. G. (2005). Gestão ambiental e responsabilidade social: uma discussão sobre os novos papéis da gestão empresarial. *Anais do Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais (Simpoi)*, 8.

Vermessan, O., Friess, P. (2004). *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*. River Publishers.