

# **Estudo de Viabilidade para a Implementação de Cidade Inteligente no contexto da cidade de Guaratinguetá: uma abordagem por meio da Metodologia Human Centered Design (HCD) utilizando o Projeto "Array of things"**

**Augusto Henrique Fornitani de Aguiar Cerqueira**  
**2003869@aluno.univesp.br**  
**UNIVESP**

**Aline dos Santos Leite Souza**  
**2010041@aluno.univesp.br**  
**UNIVESP**

**Enderson Luiz Pereira Júnior**  
**endersonlpj@id.uff.br**  
**UFF**

**Carlos Francisco Simões Gomes**  
**cfsg1@bol.com.br**  
**UFF**

**Marcos dos Santos**  
**marcosdossantos@ime.eb.br**  
**IME**

**Resumo:**Objetivo: O objetivo deste estudo é propor um estudo de viabilidade de Cidade Inteligente para aplicar no contexto do Brasil. Para isso, foi utilizado como referência o projeto "Array of Things", da cidade de Chicago nos EUA, pois ele possui um conjunto de dados obtidos por meio de dispositivos/sensores eletrônicos de "Internet of Things - IoT" colocados em áreas urbanas. Metodologia: A metodologia usada foi a Human Centered Design (HCD), pois ela utiliza a perspectiva humana no processo de solução de problemas. Além disso, quanto a abordagem do problema, a metodologia é mista, pois envolve a metodologia quantitativa no desenvolvimento da aplicação web, e a metodologia qualitativa aplicada para resolver problemas reais. Resultado: Como resultado deste estudo constatou-se que o "Array of Things" é um projeto inovador e tecnológico e que pode ser replicado para outras cidades do mundo, inclusive para a cidade de Guaratinguetá no Brasil. Benefícios/Vantagens: Com a implementação da Cidade Inteligente há: melhoria na qualidade de vida dos cidadãos; investimento na infraestrutura da cidade; melhoria na mobilidade urbana; melhoria

na segurança pública; melhoria nos serviços de saúde, na educação etc; monitoramento da qualidade do ar e das mudanças climáticas. Limitações/Desvantagens: Como desvantagens há: possíveis interferências na privacidade dos cidadãos, e na segurança dos dados coletados e armazenados; possível desigualdade e exclusão digital; e um investimento financeiro significativo maior que a capacidade orçamentária da cidade. Conclusão: Conclui-se pela viabilidade da implementação de Cidade Inteligente na cidade de Guaratinguetá, pois este estudo apresentou as necessidades, os desafios, os benefícios e as oportunidades de sua implantação.

**Palavras Chave: Cidade Inteligente - Internet of Things - Array of Things - Metodologia HCD - Inovação Tecnológica**

## 1. INTRODUÇÃO

Cidades Inteligentes (*Smart Cities*) são cidades que utilizam tecnologias avançadas e inovadoras para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, promover a eficiência dos serviços urbanos e impulsionar o desenvolvimento sustentável. Essas cidades buscam integrar diversas áreas, como infraestrutura urbana, governança, transporte, energia, meio ambiente, segurança e qualidade de vida, por meio do uso de sensores, redes de comunicação, análise de dados e tecnologias da informação.

Todavia, os autores Nuaimi *et al.* (2015), no artigo "*Applications of big data to smart cities*", consideram não haver uma definição precisa de cidade inteligente. Assim, apresentam algumas definições como: "As cidades inteligentes utilizam múltiplas tecnologias para melhorar o desempenho dos serviços de saúde, transportes, energia, educação e água, conduzindo a níveis mais elevados de conforto dos seus cidadãos."; "Cidade inteligente é uma solução de vida integrada que liga muitos aspectos da vida, como a energia, os transportes e os edifícios, de uma forma inteligente e eficiente para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos dessa cidade."

Para a integralização das diversas infraestruturas existentes nas cidades, são utilizados os dispositivos eletrônicos que estão inseridos no conceito de Internet das Coisas (Internet of Things - IoT). Assim, de acordo com Arasteh *et al.* (2016), o conceito de IoT é uma abordagem modular para mesclar vários sensores com todas as soluções de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC).

Neste contexto, os autores pesquisaram e encontraram o Projeto *Array of Things* da cidade de Chicago (USA). Essa cidade implementou diversos dispositivos de IoT para torná-la uma Cidade Inteligente. Para adaptar a solução para a realidade brasileira, utilizou-se a metodologia do *Human Centered Design* (HCD). Assim, foi possível envolver a participação da comunidade por meio de redes sociais, realizando pesquisas e enviando questionários durante todo o desenvolvimento deste estudo, considerando o constante refinamento da solução.

Nesse sentido, este estudo pretende realizar uma análise de viabilidade para a implementação de Cidade Inteligente no contexto da cidade de Guaratinguetá (Brasil). Para isso, será utilizada uma abordagem por meio da Metodologia HCD utilizando o Projeto "*Array of Things*" existente na cidade de Chicago no EUA.

Este estudo está dividido em: 1-Introdução, 2-Metodologia, 3-Solução Proposta, 4-Resultado e Discussões, 5-Conclusão e 6-Referências.

## 2. METODOLOGIA

As etapas da metodologia estão descritas na Figura 1.

DESCRIÇÃO PROBLEMA	ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	FUNDAMENTAÇÃO
<u>Estruturação Problema</u>	<u>Principais Informações</u>	<u>Cidades Inteligentes</u>
<u>CATWOE</u>	<u>Tipos Documentos</u>	<u>Internet das Coisas (IoT)</u>
<u>Quadro Tomada Decisões</u>	<u>Documentos por Área</u>	<u>Array of Things</u>
	<u>Produção Documentos/Ano</u>	<u>Human Centered Design (HCD)</u>
	<u>Documentos mais Citados</u>	
	<u>Produção Científica por País</u>	

**Figura 1.** Metodologia  
**Fonte:** Autores (2023)

A abordagem metodológica utilizada no presente artigo pode ser identificada como mista, visto que relaciona elementos tanto da pesquisa qualitativa quanto quantitativa, com a finalidade de correlacionar os dados para a interpretação. Posto isso, a pesquisa qualitativa foi empregada para compreender as necessidades e percepção do público, bem como na interpretação dos resultados para resoluções reais. Já a pesquisa quantitativa foi utilizada no momento da análise e tratamento dos dados coletados por intermédio dos sensores urbanos, quando no desenvolvimento da aplicação web.

## 2.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A maioria das cidades no Brasil sofrem com diversos tipos de problemas como: a falta de Segurança Pública; dificuldade na mobilidade urbana; falta de infraestrutura adequada para comportar todas as instalações e pessoas; saneamento básico deficiente que não atende todos os municípios; acesso à saúde e à educação dentre outros. Nesse sentido, o conceito de cidade inteligente vem para tentar mitigar esses problemas com ampliação desenvolvimento da cidade por meio da tecnologia.

Desse modo, a **Questão de Pesquisa** desse estudo é “Como a implementação de uma Cidade Inteligente pode mitigar os problemas encontrados nas cidades brasileiras?”. Para isso, os autores utilizaram a metodologia *Human Centered Design (HCD)* para realizar um estudo de Viabilidade para implementação de cidade inteligente em Guaratinguetá.

### 2.1.1. Estruturação do Problema

Para a estruturação do problema foram utilizadas as seguintes ferramentas: CATWOE (*Customers Actors Transformation Worldview Owners Environmental*) e o Quadro de Tomada de Decisões.

#### 2.1.1.1. Ferramenta CATWOE

Essa ferramenta é utilizada na estruturação de problemas e seu nome é o mnemônico de seis características que devem ser incluídas nessa estruturação.

- *Customers*: referem-se às pessoas, às organizações e aos beneficiários diretos ou indiretos, internos ou externos, que são afetados pela situação em análise.

Cidadãos afetados, empresas, sindicatos, Organizações Não Governamentais (ONGs), representantes de classes.

- *Actors*: são os agentes ativos que desempenham um papel fundamental na transformação da ideia em ação, ou seja, são os indivíduos ou grupos envolvidos nas tomadas de decisões ou execução de tarefas.

Governos locais, Governos Estaduais e Federal, se houver parceria.

- *Transformation*: refere-se às transformações que ocorrerão como resultado da implementação da solução proposta. Ele é o principal processo realizado na estruturação do problema.

Mudanças na infraestrutura urbana, pois serão instaladas câmeras de monitoramento e sensores para coleta de dados em tempo real. Transformação dos serviços públicos prestados impactando na qualidade e eficiência desta prestação.

- *Worldview*: são os pontos de vista, as crenças, os valores e as concepções que influenciam como as pessoas enxergam o sistema e como interagem com ele.

Os cidadãos possuem valores e expectativas sobre o uso de tecnologias, principalmente relacionadas a suas informações pessoais. O Governo local almeja refletir suas políticas públicas de segurança patrimonial e pessoal. Empresas de tecnologia estão interessadas no desenvolvimento da cidade e, obviamente, vender seus serviços.

- *Owner*: são os grupos, instituições ou indivíduos com responsabilidades e autoridade sobre o problema em análise. Assim, a responsabilidade da tomada de decisão é do proprietário.

Os cidadãos serão os principais beneficiários e proprietários da cidade inteligente, porém o Governo local possui responsabilidade primária nesta implementação e, também, será um dos proprietários.

- *Environmental Constraints*: são restrições ou limitações ambientais externas que podem afetar a situação em análise, ou seja, são fatores externos que podem influenciar a viabilidade a eficácia da implementação da Cidade Inteligente

Infraestrutura atual existente na cidade, questões legais e regulatórias, disponibilidade de recursos financeiros, barreiras à mudanças por parte da comunidade afetada.

### 2.1.1.2. Quadro de Tomada de Decisão

Segundo Gomes (2020), o Quadro de Tomada de Decisões é uma ferramenta que auxilia na organização e na visão sistêmica de um projeto, de modo a tomar decisões estratégicas, além disso auxilia também a tomada de decisão para direcionar o que seria decidido em um momento mais à frente.

<b>Regras</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Leis e Regulamentos governamentais.</li> <li>Políticas e Diretrizes internas.</li> <li>Normas de privacidade e proteção de dados.</li> </ul>	<b>Desafios</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Obter informações úteis e atualizadas em tempo real.</li> <li>Integração de sistemas.</li> <li>Superar a resistência às mudanças de tecnologias.</li> <li>Adaptar a Infraestrutura existente.</li> <li>Adaptar os aspectos culturais e sociais.</li> </ul>	<b>Recompensa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Melhora a Segurança Pública.</li> <li>Desenvolve a cidade.</li> <li>Aumenta os investimentos.</li> <li>Melhora a qualidade de vida dos cidadãos.</li> <li>Melhora a tomada de decisões.</li> <li>Desenvolvimento sustentável.</li> <li>Eficácia operacional.</li> </ul>	<b>Alternativas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Parcerias com empresas de tecnologia.</li> <li>Financiamento privado.</li> </ul>	<b>Decisão a fazer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Compromisso em implementar a Cidade Inteligente.</li> <li>Buscar financiamento privado.</li> <li>Aumentar os investimentos.</li> <li>Treinar o pessoal envolvido.</li> <li>Definição de um plano estratégico.</li> <li>Definir um cronograma de implementação.</li> </ul>
<b>Jogadores</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Governo municipal.</li> <li>Especialistas em urbanismo e sustentabilidade.</li> <li>Cidadãos locais.</li> <li>Empresas de Tecnologia.</li> </ul>	<b>Recursos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Financeiros e Orçamentários.</li> <li>Humanos.</li> <li>Tecnológicos.</li> <li>Parceiras Público-Privado.</li> </ul>	<b>Indicadores</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento da Segurança Pública.</li> <li>Aumento da eficiência operacional.</li> <li>Diminuição da criminalidade.</li> <li>Redução de congestionamentos e tempos de deslocamento.</li> </ul>	<b>Critérios de Seleção</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Viabilidade financeira e econômica.</li> <li>Alinhamento com políticas governamentais.</li> <li>Impacto positivo na qualidade de vida dos cidadãos.</li> </ul>	<b>Decisão a não fazer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Adiar a implementação da Cidade Inteligente.</li> <li>Não investir no desenvolvimento da cidade.</li> <li>Selecionar as piores alternativas.</li> <li>Prestar um mau serviço.</li> </ul>
<b>Cenários</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mudança na qualidade de vida dos cidadãos.</li> <li>Alterações nas Leis e Regulamentos governamentais.</li> <li>Alterações nas Políticas e Diretrizes internas.</li> <li>Alterações nas Normas de privacidade e proteção de dados.</li> <li>Mudança nos aspectos culturais e sociais.</li> <li>Mudança na Segurança Pública.</li> <li>Mudança da disponibilidade de Recursos Financeiros, orçamentário e humanos.</li> </ul>		<b>Estratégia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Buscar a aceitação dos municípios.</li> <li>Realizar gestão para melhorias nas Políticas Públicas de desenvolvimento da cidade.</li> <li>Buscar financiamento privado.</li> <li>Buscar Parcerias estratégicas entre o ente público e as empresas de tecnologia.</li> <li>Treinamento da equipe.</li> </ul> <b>Método</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Metodologia <i>Human-Centered Design</i> (HCD).</li> <li>Modelagem de problemas.</li> <li>Avaliação de tecnologias e soluções existentes no mercado</li> <li>Coleta e análise de dados e indicadores relevantes para tomada de decisões.</li> </ul>		

**Figura 2.** Quadro de Tomada de Decisão

Fonte: Autores (2023)

## 2.2. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

De acordo com Lacerda et al. (2012), análise bibliométrica se baseia na evidenciação quantitativa dos parâmetros de um conjunto definido de artigos (portfólio bibliográfico) para a gestão da informação e do conhecimento científico de um dado assunto. Para essa análise, foi utilizada a base de dados *Scopus* com a *string* de Busca: "smart cities" AND "IoT" OR "Internet of Things". Além disso, o espaço temporal foi de 2010 até 2023. A pesquisa retornou 1650 documentos com os seguintes resultados. Para essa análise, foram utilizadas a ferramenta de análise bibliométrica da base *Scopus* e a ferramenta desenvolvida na Linguagem R conhecida com *Bibliometrix*.

**Tabela 1.** Tipos de Documentos

Document type	Documents
Article	690
Conference Paper	686
Book Chapter	169
Review	41
Conference Review	19
Book	9
Erratum	5
Retracted	4

Fonte: Scopus (2023)

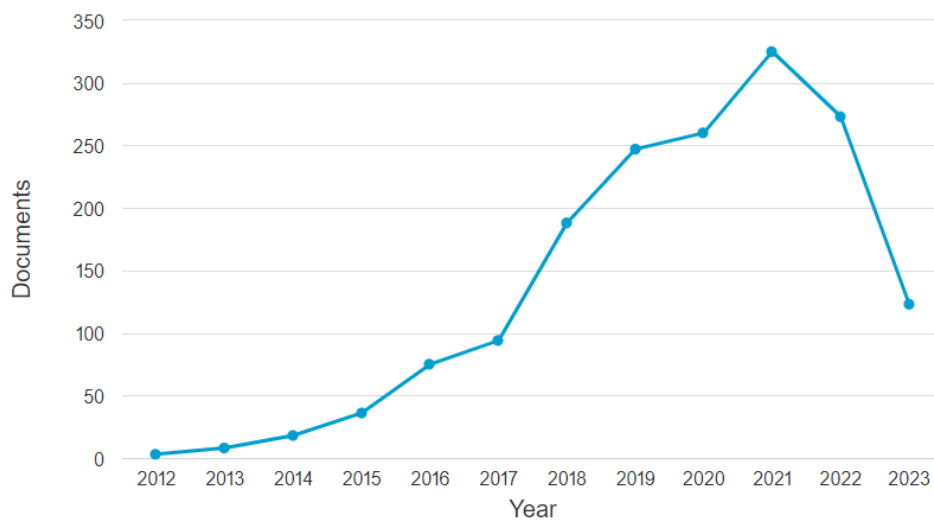
Na Tabela 1 é possível observar que mais de 80% dos documentos são *Article* e *Conference Paper*, ou seja, isso mostra que os pesquisadores dessas áreas têm preferência por esses tipos de documentos.

**Tabela 2.** Documentos por Área

Subject area	Documents	%
Computer Science	1311	36,4
Engineering	827	23,0
Mathematics	232	6,4
Social Sciences	205	5,7
Decision Sciences	177	4,9
Energy	169	4,7
Physics and Astronomy	158	4,4
Materials Science	82	2,3
Environmental Science	81	2,2
Medicine	6	2,2
Other	283	7,9

Fonte: Scopus (2023)

Pode-se observar por meio da Tabela 2 que as áreas de *Computer Science* e *Engineering* englobam uma grande quantidade de documentos e isso mostra que são duas áreas onde os autores devem submeter seus artigos.



**Figura 3.** Produção de Documentos por Ano

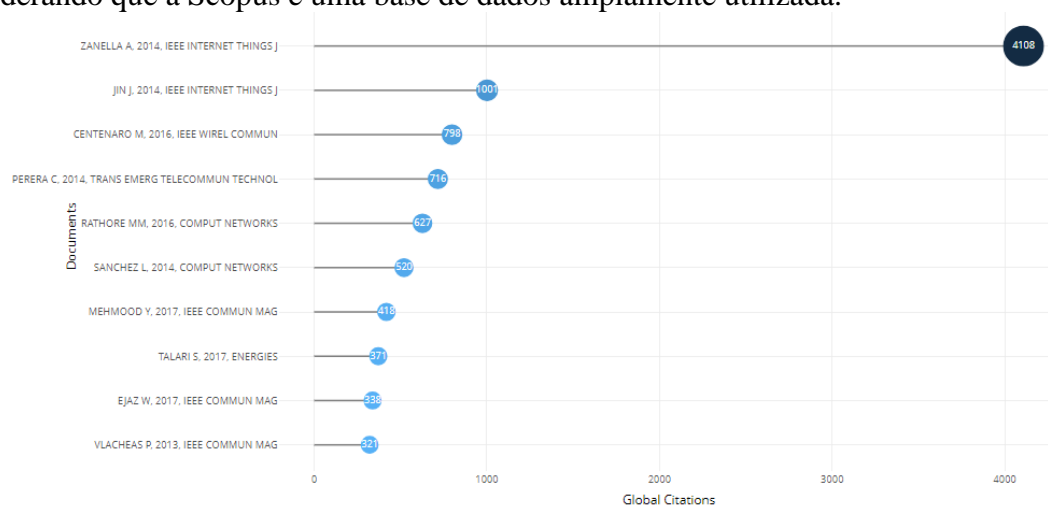
Fonte: Scopus (2023)

A Figura 3 mostra a Produção de Documentos por Ano. Nela é possível observar que o número de publicações aumentou de 2012 a 2021 e em 2022 teve uma queda. Isso se deve ao fato de que o tema era novidade há alguns anos e as pesquisas nessa área estavam começando. Assim, havia muita disposição dos pesquisadores em publicar nessa área.



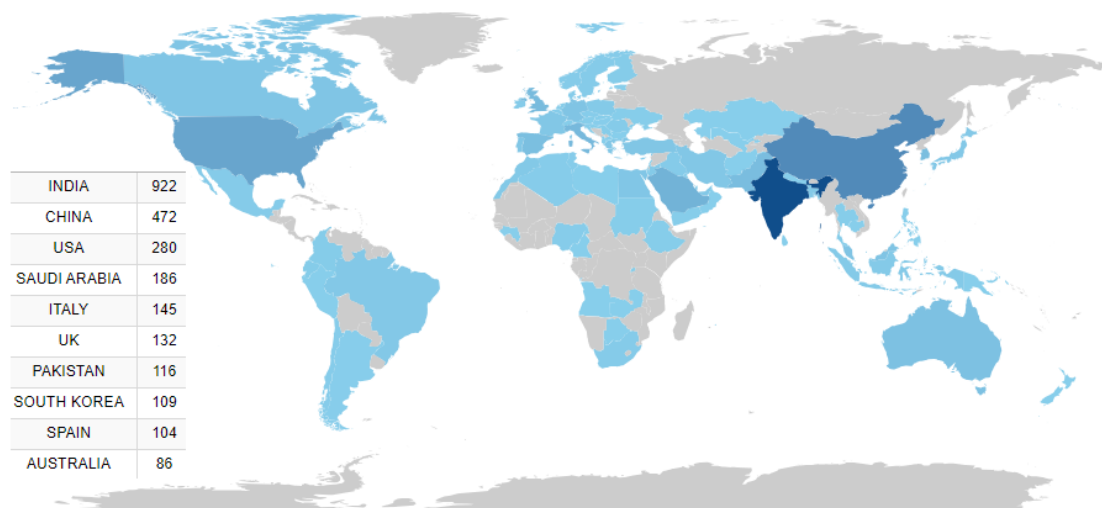
**Figura 4.** Informações Principais dos Documentos publicados.  
**Fonte:** Scopus via Bibliometrix (2023)

A Figura 4 apresenta um panorama com as principais publicações dos documentos encontrados na base *Scopus*. Nela, observa-se que a taxa de crescimento anual de publicações é de 45,42%, ou seja, é uma taxa bem elevada para publicações nessa Base. Além disso, pode-se verificar que a média de citações é de 23,3, ou seja, é uma média elevada de citações considerando que a *Scopus* é uma base de dados amplamente utilizada.



**Figura 5.** Documentos mais citados.  
**Fonte:** Scopus via Bibliometrix (2023)

A Figura 5 mostra que o artigo de Zanella (2014) publicado na IEEE foi citado 4108 vezes, ou seja, ele teve um número de citações bem superior aos outros artigos apresentados.



**Figura 6.** Produção Científica por País.  
**Fonte:** Scopus via Bibliometrix (2023)



A Figura 6 apresenta a produção científica por país. Nela, observa-se que Índia, China e USA são os grandes produtores de documentos científicos na área de Cidades Inteligentes e Internet das Coisas.

### 2.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conceito de Cidades Inteligentes é amplo e abrangente. Para Rajab et al. (2018), Cidades Inteligentes são aquelas que fazem uso dessas coisas inteligentes para executar várias funções, como iluminação, controle de tráfego, conectando várias cidades, consumo de energia e poluição ao controle. Já para Arasteh (2016), Cidade Inteligente é a cidade equipada com diferentes elementos eletrônicos empregados por diversas aplicações, como câmeras de rua para observação sistemas, sensores para sistemas de transporte, etc. Desse modo, pode-se observar que o conceito de Cidades Inteligentes está associado ao uso de diversos tipos de sensores interligados e integrados a sistemas inteligentes que retornem informações relevantes para a tomada de decisão pelas partes interessadas.

Nesse sentido, o conceito de IoT está intrinsecamente ligado ao de Cidades Inteligentes. De acordo com HE *et al.* (2014), a IoT pode ser definida como objetos com identidades e personalidades virtuais em espaços inteligentes usando interfaces inteligentes para conectar e se comunicar dentro do contexto social, médico, ambiental e de usuários. Para Hammi *et al.* (2018), os produtos da IoT estão mudando as cidades ao melhorar as infraestruturas, criar serviços municipais mais eficazes e econômicos, melhorar os serviços de transporte ao diminuir o congestionamento do tráfego rodoviário e melhorar a segurança dos cidadãos.

Desse modo, segundo Gartner (2016) o investimento em IoT será crucial para construir cidades inteligentes, serviços como o uso de dados gerarão a maior parte das receitas. Assim, para alcançar todo o potencial da IoT, os arquitetos e provedores de cidades inteligentes reconhecem que as cidades não devem oferecer um recurso separado de cidade inteligente, mas sim fornecer soluções IoT escalonáveis e seguras que incluam sistemas IoT eficientes (HAMMI *et al.*, 2018)

Neste contexto, os autores realizaram uma pesquisa e constataram que a cidade de Chicago (USA) implementou diversos dispositivos de IoT para torná-la uma Cidade Inteligente. O projeto foi chamado de *Array of Things* e é um experimento de tecnologia ou um protótipo de cidade inteligente. De acordo com Catlett *et al.* (2017), o projeto “*Array of Things*” (AoT) visa criar um instrumento de escala urbana para pesquisa e desenvolvimento em muitas disciplinas. O AoT consiste na instalação de sensores em postes de iluminação pública, que capturam informações sobre o ambiente urbano. Esses sensores coletam dados em alta resolução e enviam para uma plataforma central, onde são processados e disponibilizados para pesquisadores, tomadores de decisão e público em geral. (CATLETT *et al.*, 2017).

Com a finalidade de atender aos propósitos de verificar a viabilidade para implementação de cidade inteligente em Guaratinguetá, é fundamental que inicialmente se estabeleça métodos. Deste modo, a presente pesquisa adotou a metodologia *Human Centered Design* (HCD), que se caracteriza como uma abordagem inovadora para resolução de problemas, onde inicia-se pelas pessoas, examinando suas necessidades, anseios e comportamentos, para que se possa entender o real desejo do usuário, que a partir daí examine-se se as soluções são praticáveis e viáveis (IDEO, 2015).

O HCD é um guia composto por um kit de ferramentas e técnicas, que consiste em três fases “Ouvir”, “Criar” e “Entregar”, que a partir desta organização, propõe sistematizar passos

e técnicas, identificando um desafio estratégico, buscando coletar informações, analisar dados, sempre considerando suas premissas que é o desejo humano, praticabilidade e a viabilidade (IDEO, 2015).

Segundo a Ideo (2015) para que seja possível projetar soluções relevantes que atendam às necessidades das pessoas, a fase “Ouvir” é muito importante. Para isso, esta fase subscreve objetivos, tais como determinar quem deve ser abordado, ganhar empatia e coletar histórias. Porém em relação aos resultados considera as histórias das pessoas, observações sobre a realidade dos membros e o entendimento profundo das necessidades, barreiras e restrições. Na fase “Criar” é essencial a síntese e interpretação dos dados obtidos na fase “Ouvir”.

Assim, os objetivos desta fase são entender os dados, identificar padrões, definir oportunidades e criar soluções. Destes objetivos, surgirão saídas, como oportunidades, soluções e protótipos. Na fase “Entregar” ou implementar, uma vez que tenha criado soluções desejáveis, deve-se entender como torná-las viáveis. Nesta fase deverá ser produzida, uma análise de possibilidade, viabilidade, pipeline de inovação, plano de implementação e de aprendizado (Ideo, 2015).

Logo, esse estudo propõe a utilização da metodologia HCD para ouvir os cidadãos da cidade de Guaratinguetá e, assim, propor a viabilidade de implementação de Cidade Inteligente nessa cidade.

### 3. SOLUÇÃO PROPOSTA

Como solução proposta para esse estudo, foi utilizada a metodologia HCD, que tem dentre uma de suas etapas a etapa "Ouvir". Com isso, primeiramente, foram realizadas pesquisas por meio de questionários direcionados a qualquer pessoa que vivesse em cidades e que tivessem passado por problemas urbanos, como mobilidade pública, temperatura, pluviometria, entre outros.

O questionário foi transmitido por meio das redes sociais, de forma genérica, para garantir um alcance maior e incluir a perspectiva de grupos normalmente excluídos das iniciativas urbanas, bem como visões de estudiosos e ativistas. Como resultado desse questionário, observou-se que a maioria das pessoas sofre de problemas urbanos que afetam diretamente sua qualidade de vida e isso reforça a importância e o interesse pelo tema proposto.

Com base nessas informações, esta pesquisa realizou um estudo técnico baseado no Dataset do projeto original do *Array of Things* da cidade de Chicago. Esse estudo envolveu a geração e análise de informações úteis para a solução de problemas urbanos comuns em diversas cidades. Assim, o objetivo foi o de analisar a viabilidade da implementação de Cidade Inteligente na cidade de Guaratinguetá e contribuir para o planejamento urbano e tomada de decisões por gestores públicos, abrindo possibilidades de desenvolvimento econômico e social.

#### 3.1. PROJETO ARRAY OF THINGS

Este projeto é composto por "nós" modulares equipados com sensores programáveis e com capacidade de computação para que possam analisar dados internamente. Assim, ele compreende uma rede de sensores que coletam informações em tempo real sobre a cidade, como temperatura, som, luz, entre outros. Os sensores coletam informações a cada quinze segundos e armazenam em repositórios em nuvem na web, criando caminhos possíveis para aplicações,



### 3.2. COLETA, PRÉ-PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Inicialmente, coletou-se os dados do projeto *Array of Things*. Essa coleta retornou um conjunto de dados massivos que, após ser descompactado, apresentou cerca de 400 GB. Assim, as ferramentas conhecidas pelos autores, como *Pandas* e *Polars*, não foram suficientes para lidar com esse conjunto de dados, ou seja, as tentativas de usar o conjunto completo causaram situações de OOM [out-of-memory] no sistema. Isso ocorreu porque as exigências de memória tornaram inviável trabalhar com o conjunto de dados massivo em sua totalidade.

Com essa limitação, optou-se pela delimitação dos dados, ou seja, foram escolhidos os dados do ano mais recente que tivesse as informações completas e, assim, o ano utilizado como base foi o de 2020. Além disso, foram utilizadas as ferramentas *Unix* tradicionais e as mais modernas *ripgrep*, *head*, *qsv* e *VisiData* para dividir os dados em subconjuntos.

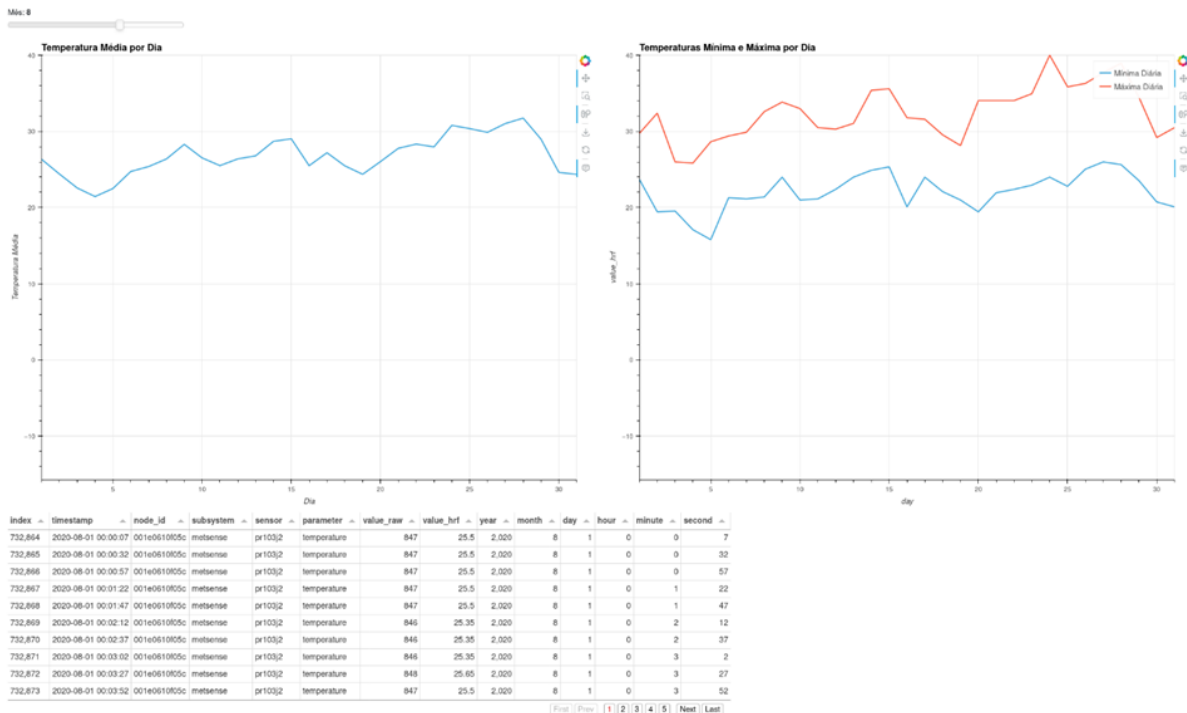
Realizada essa subdivisão do conjunto de dados, foi possível otimizações mais profundas, ou seja, em vez do uso do formato original (CSV), utilizou-se o formato *Parquet* da empresa Apache, que é um formato de arquivo próprio para área de análise de dados. Assim, com o uso dessa ferramenta, foi possível reduzir o armazenamento em mais de cinco vezes, ou seja, o mesmo subconjunto de dados tem 843,2 MB em CSV retornou apenas 148,3 MB em *Parquet*.

Após sucesso na divisão dos arquivos em outros menores, iniciou-se as análises preliminares. Porém, durante o processo de limpeza dos dados, os autores encontraram várias divergências entre os valores reais e os coletados pelos sensores. Por exemplo, ao analisar os dados do primeiro dia do ano selecionado (01/01/2020), observou-se registros indicando temperaturas de até 27,54 °C em determinados momentos do dia. No entanto, ao verificar fontes confiáveis, como o site de climatologia *Wunderground*, constatou-se que a temperatura máxima para essa data foi de apenas 6°C. Essa inconsistência exigiu uma abordagem ainda mais rigorosa na limpeza, delimitação e tratamento dos dados antes do prosseguimento para as visualizações.

Logo em seguida, os autores examinaram todos os “nós” disponíveis e identificaram um “nó” cujos dados estavam consistentes com os registros de outros sistemas, o que indica sua confiabilidade. Além disso, os autores focaram apenas em uma determinada categoria de dados, que foi o da temperatura. Dessa forma, os esforços foram concentrados nos dados coletados pelo sensor "PR103J2"[1] desse nó específico (documentação do sensor PR103J2 disponível em: <https://github.com/waggle-sensor/sensors/raw/master/sensors/datasheets/pr103j2.pdf>).

A Figura 9 mostra uma visualização dos dados a serem analisados. Essa plataforma de visualização foi desenvolvida na linguagem Python por meio da biblioteca *HVPlot* para que rode diretamente em navegadores web. Nela, é apresentado o resultado que permite fornecer uma compreensão das tendências de temperatura ao longo de um mês específico em 2020, permitindo uma análise mais ágil dos dados.

Logo, essa análise demonstra o potencial do uso de dispositivos IoT em Cidades Inteligentes para extrair insights valiosos para a tomada de decisões.



**Figura 2.** Temperatura média, mínima, máxima, mediana e desvio padrão.  
**Fonte:** Autores (2023)

#### 4. RESULTADO E DISCUSSÕES

Como resultado dessa pesquisa, verifica-se que o *Array of Things* é um projeto inovador e tecnológico e que pode ser replicado para outras cidades do mundo. Assim, para o contexto da cidade brasileira de Guaratinguetá, esse estudo de viabilidade poderá ser utilizado para ser norteador de ideias e possível implementação.

Desse modo, como sugestão seria a utilização de sensores com alta precisão para coleta informações mais confiáveis. Além disso, ao tornar os dados públicos para a toda população é necessário que esses dados já estejam tratados com informações fidedignas, ou seja, a seria necessário a criação de uma equipe de criação e análise de dados para que ela fornecesse esses dados de forma mais transparente possível a todos interessados.

Como pontos fortes da implementação de uma Cidade Inteligente têm-se a melhoria na qualidade de vida dos cidadãos, investimento na infraestrutura da cidade e, conseqüentemente, melhoria na mobilidade urbana, na segurança pública, nos serviços de saúde, na educação etc. Além disso, monitoramento da qualidade do ar, das mudanças climáticas e, assim, precaver desastres naturais

Já como pontos fracos têm-se possíveis interferências na privacidade dos cidadãos, e na segurança dos dados coletados e armazenados. Além disso, possível desigualdade e exclusão digital, pois a implementação de cidades inteligentes pode criar uma falta de acesso igualitário à conectividade por falta dos menos favorecidos. Outro ponto a ser considerado é que a cidade terá que ter um investimento financeiro significativo.

#### 5. CONCLUSÃO

O objetivo desse trabalho era propor um estudo de viabilidade de Cidade Inteligente para aplicar no contexto Brasil. Em cima disso, foi levantado a questão de pesquisa “Como a implementação de uma Cidade Inteligente por mitigar os problemas encontrados nas cidades

brasileiras”. Depois disso, foi descrito o problema e realizado sua estruturação por meio das ferramentas CATWOE e Quadro de Decisão.

Estruturado o problema, verificou-se diversos parâmetros e critérios que impactam essa implementação, dentre eles a viabilidade financeira e econômica, alinhamento com políticas governamentais e impactos na qualidade de vida dos cidadãos. Como isso, buscou-se um projeto onde já tivesse sido implementado o conceito de Cidade Inteligente. Como resultado da pesquisa, o projeto escolhido foi o “*Array of Things*”, da cidade de Chicago nos EUA.

Nesse sentido, esse projeto foi utilizado como referência para o estudo de viabilidade para possível implementação de um semelhante na cidade de Guaratinguetá. Para adequar à realidade dessa cidade, foi utilizada a metodologia HCD e, assim, realizou-se uma pesquisa com os cidadãos e verificou-se que eles têm diversos tipos problemas urbanos. Assim, com base nesse projeto da cidade de Chicago, realizou-se a coleta, o pré-processamento e a análise de dados. Depois disso, os autores analisaram os resultados e verificaram que há muito pontos positivos que superam amplamente os negativos quando da implementação de uma Cidade Inteligente.

Logo, estudo da viabilidade da aplicação da Cidade Inteligente na cidade de Guaratinguetá mostrou-se justificado ao longo deste artigo de modo a esclarecer a necessidade e os desafios para sua implantação. Desse modo, a disponibilidade dos dados do projeto “*Array of Things*”, as informações dele analisados, bem como o entendimento sobre IoT e Cidades Inteligentes, permitiram visualizar e esboçar soluções para aplicação no âmbito da cidade de Guaratinguetá.

## 6. REFERÊNCIAS

AL NUAIMI, Eiman et al. Applications of big data to smart cities. **Journal of Internet Services and Applications**, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2015.

BY, **Gartner Says**. More Than Half of Major New Business Processes and Systems Will Incorporate Some Element of the Internet of Things, Gartner Newsroom, Jan 14, 2016. 2020.

CATLETT, Charles E. et al. Array of things: a scientific research instrument in the public way: platform design and early lessons learned. In: **Proceedings of the 2nd international workshop on science of smart city operations and platforms engineering**. 2017. p. 26-33.

HAMMI, Badis et al. IoT technologies for smart cities. **IET networks**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2018.

HE, Debiao; ZEADALLY, Sherali. An analysis of RFID authentication schemes for internet of things in healthcare environment using elliptic curve cryptography. **IEEE internet of things journal**, v. 2, n. 1, p. 72-83, 2014.

IDEO.ORG. The Field Guide to Human-Centered Design, 2ª Edição (2015). Disponível em: <https://www.designkit.org/resources/1.html>. Acesso em: 11 de julho de 2023.

GOMES, A. E. de S. Teoria dos jogos aplicada na educação profissional para desenvolvimento de competência em tomada de decisões estratégicas. [178 f.]. Dissertação (Programa de Mestrado Profissional em Gestão da Economia Criativa) - Escola Superior de Propaganda e Marketing, [Rio de Janeiro], 2020.

LACERDA, R. T. de O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v. 19, p. 59-78, 2012.

RAJAB, Husam; CINKELR, Tibor. IoT based smart cities. In: **2018 international symposium on networks, computers and communications (ISNCC)**. IEEE, 2018. p. 1-4.