



privacy. The goal is to develop monitoring models to determine the average length of stay, identify crowded areas, and present this through heat maps.

Keywords: Internet of Things. LoRaWAN. Smart Cities. Tracking. Privacy.

INTRODUÇÃO

A rastreabilidade de indivíduos refere-se à capacidade de monitorar e rastrear a localização, movimento e/ou atividades de indivíduos em um determinado espaço ou contexto. Esse monitoramento pode ser realizado por meio de diferentes tecnologias e métodos, como dispositivos de geolocalização, câmeras de vigilância, sensores *IoT* (Internet das Coisas), entre outros. A rastreabilidade pode ser aplicada tanto em ambientes públicos quanto privados, com diferentes objetivos e finalidades.

Os dados de rastreabilidade de pessoas podem ser utilizados para análise, planejamento e tomada de decisões estratégicas em diferentes áreas, tais como: planejamento urbano, organização de eventos, segurança pública, infraestrutura, políticas públicas, entre outros. Além disso, o armazenamento e análise de dados históricos sobre o movimento e as atividades das pessoas podem fornecer informações importantes sobre os padrões de comportamento, preferências e tendências. A compreensão dos padrões de movimento das pessoas também pode ajudar no planejamento do transporte público e na gestão do tráfego. Isso pode contribuir para a redução de congestionamentos e, conseqüentemente, no aumento da qualidade da mobilidade urbana. Em grandes eventos ou áreas de grande aglomeração, o rastreamento pode ajudar a monitorar multidões, identificando áreas de congestionamento ou situações de risco, como tumultos.

O trabalho de Alessandro Acquisti (ACQUISTI, 2006) explora as implicações econômicas da privacidade, analisando como as pessoas valorizam a privacidade e como as decisões de privacidade podem ser influenciadas por fatores econômicos e comportamentais. Da mesma forma Janice Tsai *et al.* (TSAI *et al.*, 2014) apresenta considerações sobre privacidade e interações de rastreamento. Já Shymnath Gollakora *et al.* (GOLLAKOTA *et al.*, 2016) apresentam uma técnica para reduzir o consumo de energia em transmissões WiFi que pode ser aplicado em sistemas de rastreamento de pessoas baseados em redes sem fio. Latanya Sweeney (SWEENEY, 2000) explora as informações demográficas para identificar indivíduos considerando questões sobre a privacidade e a identificação em sistemas de



rastreamento. Alastair Beresford (BERESFORD, 2013) discute os desafios de segurança associados aos dispositivos móveis e as implicações para a privacidade dos usuários em sistemas de rastreamento baseados em tecnologias móveis. Carmela Troncoso *et al.* (TRONCOSO *et al.*, 2012) descrevem métodos para preservar a privacidade dos usuários em sistemas de publicidade comportamental, abordando questões de rastreamento e proteção de dados pessoais.

No entanto, percebe-se que a rastreabilidade de pessoas pode levantar questões éticas e de privacidade, especialmente quando envolve a coleta, armazenamento e uso de dados pessoais. Neste sentido, é fundamental garantir que o monitoramento e o rastreamento sejam realizados de forma ética, transparente e responsável, respeitando os direitos individuais e a privacidade dos indivíduos.

Considerando tais aspectos, este projeto de dissertação busca capturar dados por meio do uso da rede *LoRaWAN* implementada na cidade de Santa Rosa no Noroeste do estado do Rio Grande do Sul fornecida pelo *Living Lab* Noroeste Missões, nominado *Smart LiveLab* para realizar a coleta de dados em tempo real. Para evitar que dados sensíveis sejam coletados, este trabalho propõe a utilização do protocolo *MAC (Media Access Control)* da camada de enlace como meio de capturar a localização de pessoas. Com o uso de pacotes *probe request* é possível contabilizar a quantidade de dispositivos, sem invadir a sua privacidade. Pretende-se, com esse projeto, desenvolver modelos computacionais de monitoramento e rastreamento de pessoas com o intuito de encontrar o tempo médio de permanência nos locais, áreas de aglomeração, rastro e mapas de calor.

Para os gestores, as informações de rastreabilidade de indivíduos podem auxiliar no planejamento do transporte público e mobilidade urbana, otimizando rotas, reduzindo o congestionamento e, conseqüentemente, a emissão de gás carbônico no ambiente. Além disso, a rastreabilidade pode ser aplicada em sistemas de monitoramento de resíduos, desde a geração, coleta e destinação, promovendo práticas de reciclagem e reutilização. Em suma, a sustentabilidade relacionada à rastreabilidade de indivíduos envolve práticas e tecnologias que permitem o monitoramento e o registro das atividades e comportamentos das pessoas de maneira buscando a promoção do uso mais eficiente e responsável dos recursos.



Estes exemplos estão alinhados com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e a Agenda 2030 das Nações Unidas, reduzindo impactos ambientais e melhorando a qualidade de meio ambiente e assim a qualidade de vida das pessoas.

METODOLOGIA

Neste trabalho foi realizado um estudo do estado da arte sobre *LoRa*, *LoRaWAN*, *IoT* e tecnologias que fossem capazes de realizar coletas sem que dados sensíveis fossem expostos.

Para a realização deste trabalho, no que se refere a coleta de dados, foi necessário o desenvolvimento de um protótipo com hardware que possua um rádio *LoRa* e também WiFi. Na parte relacionada à tecnologia *LoRa*, foi utilizado o protocolo *LoRaWAN* para o envio dos dados coletados pelo dispositivo. Este dispositivo visa coletar e encaminhar dados de sinal do sensor e o endereço *MAC*, os quais serão armazenados em série histórica.

Para o armazenamento das informações será utilizado um banco de dados o qual será modelado para armazenar os dados coletados por meio do dispositivo anteriormente citado. Devido a sua robustez e facilidade de integração com outras ferramentas, o banco selecionado é o PostgreSQL. Este banco de dados está alocado nos servidores do Smart LiveLab, na Unijuí.

Depois de realizado o armazenamento, os dados são armazenados e tratados para que não haja inconsistência nas informações. Com isso, a visualização de dados pode auxiliar de forma eficiente a tomada de decisões.

Para isso, é necessário o desenvolvimento de uma ferramenta para visualização para o compartilhamento destes *insights*. Sendo ela disponibilizada em uma página de internet tornando o acesso assim mais simplificado, sem necessidade de uma prévia instalação e compatibilidade com todas as plataformas.

Desta forma, este estudo emprega uma abordagem metodológica que incorpora múltiplos tipos de pesquisa, incluindo pesquisa quantitativa e pesquisa de campo. Pesquisa de campo porque os dados coletados pelo dispositivo empregado para as coletas do comportamento onde as pessoas interagem em um ambiente real. Ainda, pesquisa quantitativa porque tais dados fornecidos são numéricos sobre o movimento das pessoas e tempo de



mundo atual, com o seu potencial para trazer significativos benefícios para a sociedade como um todo.

Atualmente a maior parte das aplicações para a Internet das Coisas são as Redes de Sensores Sem Fio. Sendo sistemas distribuídos geralmente compostos por Dispositivos Embarcados, possuindo uma unidade de processamento, uma interface de comunicação sem fio e os respectivos sensores. Assim eles podem ser utilizados em cenários onde os dispositivos necessitam gerar pouco tráfego de dados e baixo consumo de baterias, tornando estes dispositivos baratos e com uma interação simples.

Além de melhorar a infraestrutura e os serviços urbanos, as cidades inteligentes também têm o potencial de promover a inclusão social e a participação cidadã. Plataformas digitais permitem que os cidadãos se comuniquem com as autoridades municipais, reportem problemas e participem ativamente no planejamento urbano. Essa interação contínua entre os residentes e os gestores urbanos ajuda a criar um ambiente mais responsivo e centrado nas necessidades da população (CARAGLIU *et al.*, 2011).

Em conclusão, as cidades inteligentes e a Internet das Coisas representam um futuro promissor para a gestão urbana, trazendo melhorias significativas em eficiência, sustentabilidade e qualidade de vida. A implementação bem-sucedida dessas tecnologias depende de um planejamento cuidadoso, investimento em infraestrutura tecnológica e a colaboração entre governo, empresas e cidadãos.

LORA E LORAWAN

Long Range (LoRa) é uma tecnologia de modulação exclusivamente de camada física, liberado pela Cycleo na França e adquirido pela americana Semtech no ano de 2012 que mantém os direitos do protocolo até hoje. A SEMTECH (2019) define o protocolo como um esquema de modulação de espectro difuso, derivado do existente Chirp Spread Spectrum (CSS), que mostra o balanço entre taxas de transmissão e alcance em largura de um canal de largura de banda fixo.

Mesmo sendo uma modulação com ótimas características para ser utilizada na Internet das Coisas como, baixo consumo de energia, alcance elevado em comparação com outros aparelhos, entre outros, podemos aprimorar as mesmas e moldá-las conforme a real necessidade para obter uma rede de qualidade. De acordo com Sanchez-Iborra e Cano (2016),



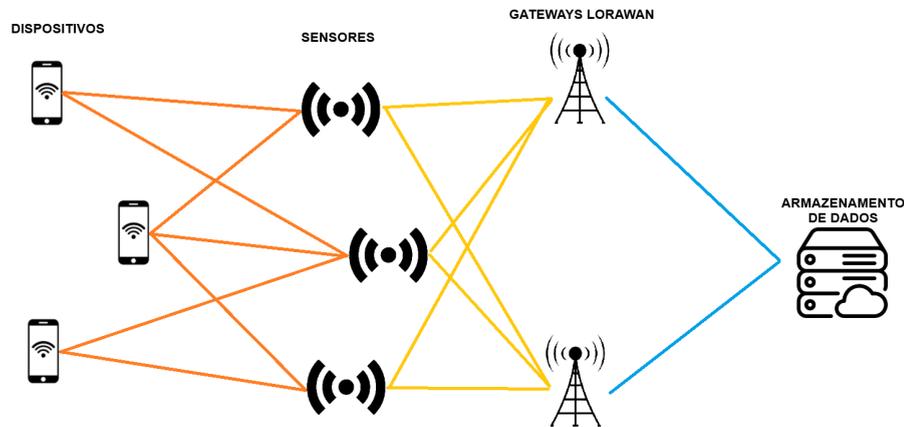
para resolver algumas dificuldades de escalabilidade, custo de gerenciamento da rede, a rede *LoRa* precisa de protocolos que definam a forma pela qual a rede deve se comportar, onde o protocolo mais atual e de maior impacto no mercado de telecomunicações é o *LoRaWAN*.

Assim, unindo a modulação *LoRa* com o protocolo *LoRaWAN* é possível ter uma rede de longo alcance e baixo consumo energético, havendo também a possibilidade de comunicação de um grande número de dispositivos com um único Gateway.

ARQUITETURA DO MODELO PROPOSTO

O modelo matemático e computacional baseia-se na coleta, transmissão, armazenamento em série histórica e visualização de dados como mostra a Figura 01. Os dispositivos desenvolvidos podem ser visualizados na Figura 02, no qual este protótipo é o responsável pela coleta de dados necessários para contabilizar e estimar o número de pessoas .

Figura 01 - Topologia de coleta de dados e armazenamento



Fonte: O Autor (2024)

O dispositivo desenvolvido pode ser visualizado na Figura 02, no qual este protótipo é o responsável pela coleta de dados necessários para contabilizar e estimar o número de pessoas, baseado na coleta de pacotes *probe request* que estão sendo transmitidos de forma aberta sem dados sensíveis que possam conter informações que esteja invadindo a privacidade das pessoas que ali estão transitando.

