

University Campus Walkability Index Supported by Digital Databases

Lucas Fernandes de Oliveira¹, Camila Poeta Mangrich¹, Luís Henrique Pavan¹, Renato Luiz Martins de Almeida¹, José Ripper Kós¹

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

fernandes.lucas@grad.ufsc.br

camila.poeta@ufsc.br

luis.henrique.pavan@posgrad.ufsc.br

renato.martins@grad.ufsc.br


jose.kos@ufsc.br

Abstract. Studies on the university campus commonly consider its spatial particularities in comparison to the city. However, the university debate about mobility also addresses urban-related challenges, like those posed by the dependence on vehicles and incentives for active mobility. Considering internal mobility, this work explores Wi-Fi connections from a Brazilian public university to trace community trajectories and population density on campus. We adopted objective data from the built environment for the application of a walkability index. The procedures were performed using GIS and the results shared for visualization in the Kepler.gl application. The results include walkability indices for different campus sectors. The discussion focuses on the potential use of the index in promoting a more integrated and less automobile-dependent campus.

Keywords: Data visualization, Walkability, Wi-fi, University campus, Urban design

1 Introdução

Por suas características físicas e administrativas, comumente os campi universitários são tidos como um universo particular que tangencia leis de uso e ocupação do solo, transporte, instalações e comunicação das cidades. Ao mesmo tempo, no campus universitário são reproduzidos os desafios de ruptura à dependência dos automóveis individuais e a busca por alternativas que sustentam a manutenção do transporte ativo e coletivo para diferentes contextos (Zhou, 2016). A provisão de uma vizinhança que conecta a pé comunidades, instalações e serviços, bem como a identificação de fatores que



influenciam a capacidade de andar no campus tornaram-se uma tarefa fundamental para promover a caminhabilidade como parte dos benefícios ambientais e sociais da universidade (Amaral et al., 2015).


Visando orientar o planejamento político-pedagógico universitário e enfatizar a integração acadêmica através dos espaços de caminhada, este trabalho explora os dados de conexão da rede Wi-Fi. Sob uma nova base de dados, ampliam-se investigações já desenvolvidas pelos autores sobre a mobilidade no campus através dos padrões de uso na rede Wi-Fi, incluindo nessa base variáveis do ambiente construído e um índice de caminhabilidade (Mangrich et al., 2019; Pavan et al., 2020). Ao propor a aplicação dos dados dinâmicos de pedestres na escala da universidade, buscamos avançar e ampliar as pesquisas existentes para as oportunidades de interação presencial nas áreas livres do campus e as experiências de aprendizagem emergidas dos encontros interdisciplinares. Nesse sentido, busca-se ainda contribuir para a literatura do campo introduzindo a utilização de registros de conexão Wi-Fi do campus Trindade da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) na contagem de trajetórias realizadas e a medição de densidade populacional para a composição de um índice de caminhabilidade no campus.

2 Revisão de literatura

As pesquisas sobre o uso de dados oriundos de Wi-Fi em campus universitário concentram-se na Computação e Ciência de Dados, principalmente na manipulação e tratamento destes dados e, por vezes, avançando nos potenciais multidisciplinares de exploração (Camacho et al, 2020; Danalet, 2015; Kotz & Essien, 2002; Sevtsuk, 2009; Sookhanaphibarn & Kanyanucharat, 2013). A utilização desses dados de conexão em Wi-Fi para mapeamento e visualização das dinâmicas dos pedestres ainda é incipiente em pesquisas de planejamento urbano de campus universitário.

Na escala da cidade, a maioria dos estudos encontrados contendo métodos baseados em dados digitais foram aplicados com o foco em mobilidade (Ratti & Claudel, 2016; Traunmueller et al., 2018). Em paralelo ao aumento do interesse de pesquisadores pelo tema da caminhabilidade, os dispositivos móveis e suas redes têm permitido o acesso às dimensões espaciais de difícil alcance com métodos de coleta de dados tradicionais, sobretudo no campo da mobilidade urbana. Há, contudo, a necessidade de complementaridade entre o que é mapeado pelas tecnologias digitais e as variáveis ambientais, aliada à ênfase na representação gráfica e nas políticas de mobilidade e pedagógicas.

As variáveis ambientais são medidas subjetivas e objetivas que ajudam a compreender como as características do ambiente construído afetam os níveis



de atividade física (Brownson et al., 2009; Giles-Corti et al., 2005). Em revisão acerca das variáveis ambientais associadas ao envelhecimento populacional, Salvador et al. (2020) sintetiza os atributos ambientais que compõem essas variáveis, incluindo padrões de uso da terra e edifícios, infraestrutura de transporte, elementos de desenho urbano e demais aspectos físicos das cidades.

Ewing e Cervero (2001) propõem a aplicação das variáveis conhecidas como “5D’s”: Densidade, Diversidade, Desenho, Acessibilidade de Destino e Distância ao trânsito. A densidade é representada pelo número da população dividido pela área da unidade em estudo (Brownson et al., 2009; Ewing & Cervero, 2010). A diversidade, em planejamento urbano, é a definição do grau de diversidade de usos do solo em uma área (Salvador et al., 2020; Ewing & Cervero, 2010; Frank et al., 2005; 2009). O desenho refere-se à conectividade da malha viária e é medido pela densidade de intersecção da rua ou tamanho do quarteirão. Quando apresenta um alto valor, indica que há muitas oportunidades de rota para atravessar uma rede (Hajrasouliha & Yin, 2015).

A acessibilidade de destino, mede a facilidade de acesso a pontos de interesse (Ewing & Cervero, 2010). Distância ao trânsito refere-se à acessibilidade de meios de transporte e também pode ser medida com a densidade de rotas de trânsito, distância entre sinais de pare ou número de pontos de ônibus pela área do setor (Brownson et al., 2009; Ewing e Cervero, 2010; Fang et al., 2010).

3 Metodologia e resultados

Para coletar as trajetórias realizadas pela comunidade acadêmica um aspecto relevante do método reside no uso dos dados de conexão da rede Wi-Fi Eduroam presente no campus. Com uma média de 35000 usuários que utilizam a rede a partir de 538 roteadores, mais de 2 milhões logins são registrados diariamente, contendo informações de cadastro individual de usuário, data, hora e coordenadas geográficas do ponto de conexão. O processo metodológico de requisição, coleta e anonimização de dados pessoais foi detalhadamente estruturado para garantir a segurança e privacidade conforme a Lei Geral de Proteção de Dados (Lei n. 13.079, 2018). Visando atender as exigências legais, determinados grupos de usuários são omitidos pelo algoritmo de anonimização, e a partir desta amostra foram traçadas trajetórias pela sequência de conexões efetuadas por todo o campus (Gomes, 2019; Mangrich et al, 2019; Pavan et al, 2020). Para o presente estudo, obtiveram-se 79260 trajetórias, coletadas a partir dos dados de conexão dos 3 dias de maior intensidade de uso da rede em agosto de 2019

(Figura 1). Para diferenciar padrões de permanência e passagem, foram registradas apenas pessoas conectadas no mesmo local por mais de 10 minutos.

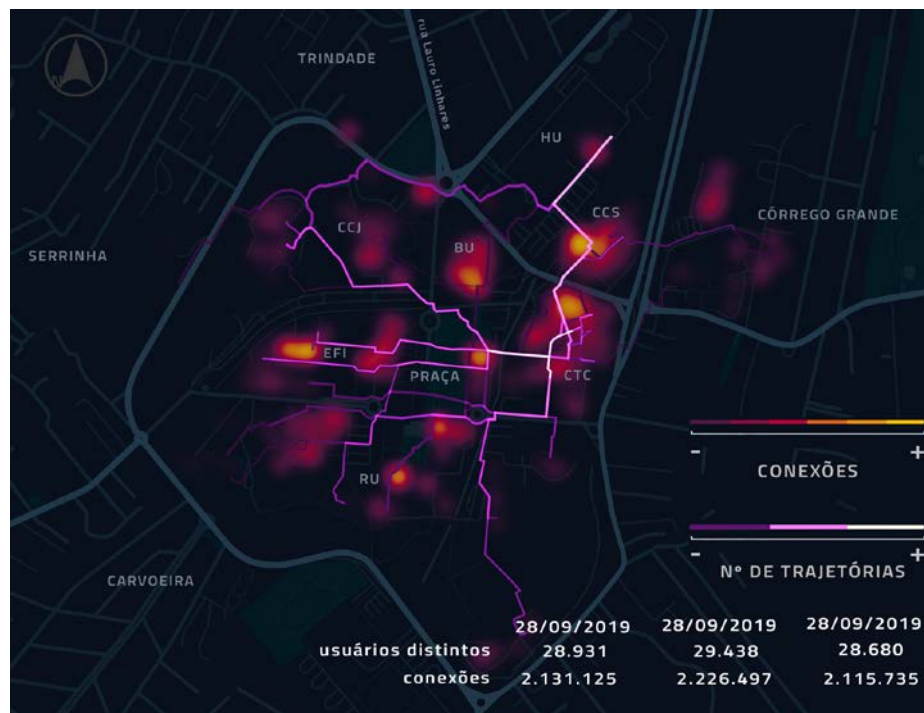


Figura 1. Mapa com sobreposição da camada de trajetórias e de densidade incluindo resumo de conexões dos dias observados. Fonte: Autores, 2021.

Inicialmente, a base de dados é representada por uma série de pontos que indicam o local de origem e destino e seus respectivos horários. A correspondência entre estes pontos é mantida pelo id das trajetórias. Todo o processo de vetorização, edição de camadas e cálculos foi realizado em uma única base cartográfica no software de sistema de informação geográfica (SIG) *open-source* QGIS. Destacamos o papel do componente *v.net.path*, algoritmo de cálculo de rotas que conecta os pontos correspondentes pela rede de caminhos de pedestre, resultando em uma camada de linhas que representa as trajetórias realizadas pelos usuários.

Objetivando democratizar o acesso e a leitura dos resultados, os registros foram compartilhados na ferramenta *open-source* Kepler.gl, um aplicativo que permite análises e visualização de dados geoespaciais de larga escala diretamente no navegador web. Optou-se pelo Kepler.gl pela interface intuitiva e alta performance no processamento das camadas com a possibilidade de

animação das 79230 trajetórias através da filtragem dinâmica do tempo. Todas as trajetórias possuem um *timestamp*, permitindo observar as dimensões temporais do banco de dados. Embora não dispense os softwares SIG, o Kepler.gl permite aos interessados não habituados às ferramentas de sistema de informação geográfica, possam compartilhar insights através de bases cartográficas de fácil visualização.

3.1 Composição do Índice de Caminhabilidade

Os dados com trajetórias incluem também em sua estrutura a quantidade de pessoas conectadas nos locais de origem e destino, possibilitando identificar a densidade populacional em cada setor, introduzindo ao método de avaliação da caminhabilidade, uma alternativa para medidas de densidade em campus universitário através da consideração das conexões da rede Wi-Fi.



Figura 2. Mapa de zoneamento do campus. Fonte: Autores, 2021.

Para cálculo de diversidade consideramos cinco tipos de uso do solo: Áreas Livres; Ensino e Pesquisa; Administração e Serviços; Saúde, Bem-estar e

Comunidade; Cultura Lazer e Entretenimento e Uso Misto (Edifícios de Ensino e Pesquisa com a presença de comércio) (Figura 2). Optou-se pela exclusão das áreas de estacionamento e reservas de terra no cálculo, pois induziriam o cálculo a altos índices de diversidade para essas regiões e baixos índices para áreas verdes com ausência dessas estruturas. Em contrapartida, a proporção de estacionamento em cada setor será utilizada como penalização do Índice de Caminhabilidade.

Na variável acessibilidade de destinos utilizamos a ferramenta *v.net.path* do QGIS para traçar as rotas mais curtas do centro dos setores para todos os pontos de interesse: Restaurante, Café, Farmácias, Bicicletário, Fast Food, Bar, Centro de Conferências e Mercado. O valor final para acessibilidade de destinos é computado a partir das distâncias médias percorridas a partir de cada setor. O mesmo processo foi aplicado para obtenção da variável distância ao trânsito, substituindo a camada de pontos de interesses por uma camada de pontos com as paradas de ônibus próximas ao campus.

A variável design foi obtida pelo número de intersecção de 4 vias dividido pela área do setor em km², mesclando intersecções com menos de 15 metros de distância entre si. Constatada a significativa influência da variável desenho sobre os índices de caminhada, Frank et al., (2010) propôs um modelo em que a densidade de intersecções é multiplicada pelo fator 2. Com base em Tsiompras e Photis (2017), introduzimos uma variável de penalização considerando a quantidade de estacionamentos próximos a áreas de recreação, lazer e ensino. Todos os valores obtidos das variáveis ambientais são normalizados com *z-score* e aplicadas na seguinte fórmula.

$$\begin{aligned} \text{Caminhabilidade} = & [(2 * z - \text{design}) + (z - \text{densidade}) + \\ & (z - \text{diversidade}) + (z - \text{acessibilidade}) + (z - \text{distância})] - \\ & [(* z - \text{proporção de estacionamentos})] \end{aligned} \quad (1)$$

Os valores finais de caminhabilidade são atribuídos à camada vetorial contendo os respectivos setores e compartilhados online na ferramenta Kepler.gl. Por fim, para compreender melhor a correlação entre o número de rotas (variável dependente) e as variáveis ambientais (variáveis independentes), utilizamos um modelo de regressão espacial com o método *Spatial Lag* no software *open-source* GeoDA. O método se diferencia de modelos de regressão clássica sugeridos na literatura por adicionar ao modelo a dependência espacial entre as variáveis, resultando em melhor ajuste e explicação da variável de interesse (Prado et al., 2010).

4 Discussão

A composição final do índice de caminhabilidade variou entre valores de -7.059 a 10,425 (Figura 3). Utilizando o número de rotas por setor como variável dependente, o modelo de regressão previu a variação dos dados com coeficiente de determinação ajustado de 91%, indicando a densidade como variável ambiental com maior significância ($p = 0.001$) (Tabela 2). Tal significância pode ser explicada pela concentração de centros de ensino com grande população na região central do campus, onde a ocorrência de rotas também é alta.

Tabela 2. Regressão espacial com método *Spatial Lag*. Coeficiente de determinação ajustado (R^2) = 0.913.

Variável	Coeficiente	p
Densidade	0.770	0.001
Diversidade	0.047	0.430
Desenho	0.122	0.100
Distância ao Trânsito	-0.175	0.049
Acessibilidade de Destinos	0.219	0.009
Proporção de Estacionamento	0.042	0.549

Fonte: Autores, 2021.

Entre os 32 setores avaliados, o setor do Centro Tecnológico (CTC) representa sozinho quase 20% da população conectada, constituindo o maior polo gerador de viagens dentro do campus. A acessibilidade de destinos possui relação estatisticamente significativa ($p = 0.009$). A Rua Lauro Linhares, uma das principais vias de acesso à UFSC, possui grande variedade de comércio e serviços próximos da região central do campus, contribuindo com a alta frequência de trajetos. A distância ao trânsito ($p = 0.05$) apresentou significância moderada e coeficiente negativo, que pode ser explicado pelas paradas de ônibus distribuídos pelas bordas do campus, favorecendo setores periféricos com baixa quantidade de rotas e com densidade muito inferior às regiões centrais.


A variável desenho apresentou significância baixa ($p = 0.100$). Áreas de ensino compactas com alta densidade populacional como Centro de Ciências da Saúde e Centro Tecnológico possuem uma densidade de interseções

relativamente inferior em comparação à Praça Central, Restaurante Universitário (RU) e Biblioteca Central (BU), anexados a áreas livres com maior permeabilidade. Embora não apresente significância no modelo, a diversidade ($p = .430$) é maior em regiões onde há uso misto. O índice de diversidade, quando observado isoladamente, também pode ser associado à região central onde há clara integração entre edifícios administrativos, ensino e pesquisa e comercial. Entretanto, todas as unidades de Saúde Bem-Estar e comunidade estão localizadas nos setores periféricos.



Figura 3. Índice de caminhabilidade por setor. Fonte: Autores, 2021.

A presença de grandes áreas de estacionamentos próximas aos edifícios pode ser observada com frequência, impactando negativamente a conectividade dos pedestres à malha viária. A demanda de estacionamentos é um fator determinante na qualidade da caminhada no campus. Quando localizados no térreo, implicam estruturas físicas amplas que diminuem a conectividade e a diversidade. Para que o índice seja mais apurado, a penalização aplicada às áreas de estacionamento demonstrou-se efetiva. O



entorno da Praça Central, da Biblioteca e do Restaurante Universitário foram beneficiadas positivamente com a oferta reduzida de estacionamento, reforçando essas áreas como exemplo positivo de configuração espacial para pedestres.

Em termos do índice de acesso ao transporte público através da distância aos pontos de ônibus, verificou-se a incapacidade de representar a importância de determinados setores que são alimentados com mais opções de linhas. O cálculo de acesso ao transporte público, levando em consideração o número de viagens ou linhas que alimentam a estação, deve refletir com maior precisão a relação dos usuários com o transporte público.

A porção oeste do campus merece destaque pela relação com a rua e com as áreas de reserva de terreno. Essas áreas de reserva são hoje principalmente espaços verdes desocupados e fechados, criados inicialmente com a intenção de serem ocupados por edificações à medida que o campus necessitasse de mais instalações. No que diz respeito à rua, evidencia-se uma segmentação reforçada pela configuração edilícia com fechamento recíproco, tanto pelo bairro quanto pelo campus. As áreas de reserva merecem atenção pelo tamanho e acesso difícil que contribuem para o aumento das distâncias percorridas e redução da conectividade e densidade populacional. Entretanto, reforça-se o valor ecossistêmico dessas áreas pela densidade de arborização nelas preservadas. O equacionamento correto dessa problemática vai no sentido da possibilidade de associar positivamente a caminhabilidade e as características de manutenção dos ecossistemas nas cidades.

Os índices obtidos propõem configurações espaciais que promovam impactos positivos nos caminhos do campus e entorno, reforçam os sistemas de espaços livres enquanto atratores sociais e ampliam a integração entre centros de ensino, hoje segregados por estacionamentos. A metodologia apresentada fornece evidências projetuais confiáveis, interconectadas e capazes de ampliar as oportunidades de acesso aos espaços da universidade (Cleveland & Fisher, 2014).

5 Considerações finais

Ao direcionar as lentes políticas à trama sistêmica da caminhada e a criação espontânea de espaços de interação, o aprendizado social e o despertar ecológico ganham preponderância. O desenho do campus universitário e as condições pelas quais a comunidade acadêmica realiza seus deslocamentos podem evidenciar lacunas de políticas públicas de transporte. Os procedimentos propostos constituem práticas relevantes de pesquisa e gestão,

facilitando através dos dados o acesso a um universo mais dinâmico que métodos tradicionais de análise espacial.

Embora comprovada a eficiência das variáveis como medidas para avaliar a caminhada, a necessidade pela coleta da percepção é um problema recorrente. Esses valores são importantes para estabelecer comparações mais precisas entre o modelo virtual e a experiência do pedestre, auxiliando na calibragem do modelo e melhor compreensão do ambiente observado (Adkins, 2010). Brownson (2009) aponta para a falta de amplas bases de dados disponíveis como limitador na composição de índices de caminhabilidade mais precisos. Atendendo os critérios legais, são inestimáveis os benefícios do método proposto, incorporando nos índices de caminhabilidade os registros de conexão na rede Wi-Fi, presente em universidades e espaços públicos de diversos países.

Com ênfase na caminhada regular, Giles-corti et al. (2005), atribui à qualidade paisagística a influência que um sistema de espaços abertos exerce na interação e saúde de uma comunidade. No campus universitário, uma rede de espaços colaborativos e interconectados enriquece as dinâmicas transdisciplinares para além da infraestrutura tradicional das salas de aula, em uma rede de relações humanas e não-humanas. Crescentemente, estudantes e profissionais valorizam especialmente a diversidade e a co-presença favorecidas nos deslocamentos a pé no campus, onde impera a descoberta espontânea de espaços de encontro e engajamento com a paisagem.

Agradecimentos. Agradecimentos. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Proc. n.º:424268/2018-3) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – Código de Financiamento 001).

Referências

- Adkins, A., Dill, J., Luhr, G., & Neal, M. (2012). Unpacking walkability: Testing the influence of urban design features on perceptions of walking environment attractiveness. *Journal of Urban Design*, 17(4), 499-510. <http://dx.doi.org/10.1080/13574809.2012.706365>
- Amaral, L. P., Martins, N., & Gouveia, J. B. (2015). Quest for a sustainable university: A review. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 16(2), 155–172. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2013-0017>
- Brasil, Lei n. 13.079, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União.

- Brownson, R. C., Hoehner, C. M., Day, K., Forsyth, A., & Sallis, J. F. (2009). Measuring the built environment for physical activity: State of the science. *American journal of preventive medicine*, 36(4), S99-S123. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.01.005>
- Camacho, J., McDonald, C., Peterson, R., Zhou, X., & Kotz, D. (2020). Longitudinal analysis of a campus Wi-Fi network. *Computer Networks*, 170, 107103. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107103>
- Salvador, C. C., Pfützenreuter, A. H., & Kanashiro, M. (2020). Ambiente construído e saúde: Atributos ambientais e a atividade física entre adultos e idosos, uma revisão narrativa. *PIXO-Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade*, 4(13), 187-205. <https://doi.org/10.15210/pixo.v4i13.19442>
- Cleveland, B., & Fisher, K. (2014). The evaluation of physical learning environments: A critical review of the literature. *Learning Environments Research*, 17(1), 1-28. <https://doi.org/10.1007/s10984-013-9149-3>
- Danalet, A. (2015). *Activity choice modeling for pedestrian facilities* [Tese de Doutorado, École polytechnique fédérale de Lausanne]. <https://doi.org/10.5075/epfl-thesis-6806>
- Ewing, R., & Cervero, R. (2001). Travel and the built environment: A synthesis. *Transportation research record*, 1780(1), 87-114. <https://doi.org/10.3141/1780-10>
- Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the built environment: A meta-analysis. *Journal of the American planning association*, 76(3), 265-294. <https://doi.org/10.1080/01944361003766766>
- Frank, L. D., Sallis, J. F., Saelens, B. E., Leary, L., Cain, K., Conway, T. L., & Hess, P. M. (2010). The development of a walkability index: Application to the neighborhood quality of life study. *British journal of sports medicine*, 44(13), 924-933. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.058701>
- Frank, L. D., Schmid, T. L., Sallis, J. F., Chapman, J., & Saelens, B. E. (2005). Linking objectively measured physical activity with objectively measured urban form: Findings from SMARTRAQ. *American journal of preventive medicine*, 28(2), 117-125. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.11.001>
- Giles-Corti, B., Broomhall, M. H., Knuiiman, M., Collins, C., Douglas, K., Ng, K., ... & Donovan, R. J. (2005). Increasing walking: how important is distance to, attractiveness, and size of public open space. *American journal of preventive medicine*, 28(2), 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.10.018>
- Gomes, F. O. (2019). *Privacy preserving on semantic trajectories: Application on Wi-Fi connections of a university campus* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina].
- Hajrasouliha, A., & Yin, L. (2015). The impact of street network connectivity on pedestrian volume. *Urban Studies*, 52(13), 2483-2497. <https://doi.org/10.1177%2F0042098014544763>

Kotz, D., & Essien, K. (2002). *Characterizing usage of a campus-wide wireless network*. Computer Science Technical Report. https://digitalcommons.dartmouth.edu/cs_tr/199

MANGRICH, Camila Poeta; PAVAN, Luis Henrique; GOMES, Fernanda; OLIVEIRA, Lucas; KOS, Jose; MARTINA, Jean Everson. Campus regenerative design supported by university Wi-Fi connections. *International Journal of Architectural Computing*, v. 17, n. 2, p. 206–219, 2019. DOI: 10.1177/1478077119849682

PAVAN, Luís Henrique; OLIVEIRA, Lucas Fernandes de; ROSA, Gabriel Machado da; KÓS, José Ripper. The privacy of the academic community in mapping usage patterns over Wi-Fi connections. In: XXIV INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS PROCEEDINGS, v. 8, n. 4, p. 484–489, 2020. DOI: 10.5151/sigradi2020-67

Prado, F. D. A., Berveglieri, A. D. I. L. S. O. N., Tachibana, V. M., & Imai, N. N. (2010). Aplicação e análise de modelos de regressão clássica e espacial para os distritos da cidade de São Paulo. *III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, 27-30. Universidade Federal de Pernambuco.

Ramakreshnan, L., Fong, C. S., Sulaiman, N. M., & Aghamohammadi, N. (2020). Motivations and built environment factors associated with campus walkability in the tropical settings. *Science of the total environment*, 749, 141457 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141457>

Ratti, C., & Claudel, M. (2016). *The city of tomorrow: Sensors, networks, hackers, and the future of urban life*. Yale University Press.

Sevtsuk, A. (2009). Mapping the MIT campus in real time using WiFi. In *Handbook of Research on Urban Informatics: The Practice and Promise of the Real-Time City* (pp. 326-338). IGI Global. www.doi.org/10.4018/978-1-60566-152-0.ch022

Sookhanaphibarn, K., & Kanyanucharat, E. (2013). Empirical study of routine structure in university campus. In *International Conference on Online Communities and Social Computing* (pp. 201-209). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39371-6_23

Traunmueller, M. W., Johnson, N., Malik, A., & Kontokosta, C. E. (2018). Digital footprints: Using WiFi probe and locational data to analyze human mobility trajectories in cities. *Computers, Environment and Urban Systems*, 72, 4-12.. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.07.006>

Tsiompras, A. B., & Photis, Y. N. (2017). What matters when it comes to “Walk and the city”? Defining a weighted GIS-based walkability index. *Transportation research procedia*, 24, 523-530. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.06.001>

Zhou, J. (2016). Proactive sustainable university transportation: Marginal effects, intrinsic values, and university students' mode choice. *International journal of sustainable transportation*, 10(9), 815-824. <https://doi.org/10.1080/15568318.2016.1159357>