

MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

Adoção e Retenção em Sistemas de Bicicletas Compartilhadas de Microescala

Evidências do Sistema Integra UFRJ

Gabriel Bezerra Costa de Lima · Lorena Mirela Ricci
Lino Guimarães Marujo · Marcio de Almeida D'Agosto

Universidade Federal do Rio de Janeiro — COPPE/UFRJ





MOTIVAÇÃO

Por que este estudo importa?

INTEGRA UFRJ - CONTEXTUALIZAÇÃO

O Integra UFRJ é o projeto de mobilidade compartilhada por bicicleta que se incorporou ao ambiente do Campus Cidade Universitária da UFRJ, com foco em mobilidade ativa e sustentável, que já funcionava como um laboratório vivo.

A necessidade de estudar um sistema como o Integra UFRJ surge do papel crucial que o setor de transportes tem **no desenvolvimento sustentável** — o modo rodoviário é responsável pelo consumo **32,4% do total nacional de energia (82,7 Mtep) e com emissões diárias >8.500 tCO₂eq/dia** (Machado et al. , 2020; Franca et al. , 2019), somente no estado de São Paulo — afetando as esferas econômica, social e ambiental, contribuindo com cerca de **13% das emissões nacionais** (Nichi, 2023; Solaymani, 2019).



Fontes: ONU Brasil — ODS 11, ODS 13 e ODS 3; Brasil — Lei nº 12.587/2012 (PNMU), texto consolidado.

MOTIVAÇÃO

Por que este estudo importa?

A retenção em bicicletas compartilhadas conecta uma agenda global de sustentabilidade a uma diretriz nacional de mobilidade ativa.

ODS11

Cidades e comunidades sustentáveis

Meta 11.2: ampliar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis e sustentáveis.



ODS13

Ação contra a mudança global do clima

Mobilidade de baixo carbono contribui para integrar ação climática ao planejamento e às políticas.



ODS3

Saúde e bem-estar (co-benefício)

A mobilidade ativa favorece atividade física e amplia benefícios associados ao bem-estar.



PNMU

Lei nº 12.587/2012

Prioriza **modos não motorizados**, integração modal e mitigação dos custos ambientais e socioeconômicos dos deslocamentos.

Pergunta de gestão: como fazer o usuário não apenas experimentar a bicicleta, mas continuar usando o sistema?

Fontes: ONU Brasil — ODS 11, ODS 13 e ODS 3; Brasil — Lei nº 12.587/2012 (PNMU), texto consolidado.

MOTIVAÇÃO

Projeto e financiamento

FINANCIAMENTO

FAPERJ (Edital 11/2021)

PROJETO

Ampliando o Alcance da Mobilidade Ativa no Laboratório Vivo da Cidade Universitária da UFRJ

OPERAÇÃO PRIVADA

Serttel (empresa contratada) — dependência e limitações (frota, rebalanceamento, dados)

APOIO INSTITUCIONAL

COPPE (PET e PPE), Fundo Verde da UFRJ, Prefeitura Universitária e Parque Tecnológico

CONCEITO CHAVE

SISTEMAS DE COMPARTILHAMENTO DE BICICLETAS (SCBs)

SCBs são soluções de micromobilidade que buscam a integração com o transporte público, por meio da mobilidade compartilhada (El-Assi et al., 2015; Raviv et al., 2013).

São serviços que permitem que as pessoas retirem/aluguem bicicletas por curtos períodos de tempo para se deslocarem na área urbana.

Fontes: ONU Brasil — ODS 11, ODS 13 e ODS 3; Brasil — Lei nº 12.587/2012 (PNMU), texto consolidado.



UFRJ



PR1

Pró-Reitoria de Graduação UFRJ

PR2

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa



extensão UFRJ



FÓRUM DE CIÊNCIA E CULTURA



SGAADA



SGTIC



CM UFRJ-MACAE



Campus UFRJ Duque de Caxias



PREFEITURA UNIVERSITÁRIA

ESTUDO DE CASO

Integra UFRJ como laboratório vivo

PIONEIRISMO

Primeiro Living Lab Universitário do Brasil

O **Integra UFRJ** é o primeiro sistema gratuito de bicicletas compartilhadas em ambiente universitário no Brasil concebido integralmente como um **living lab**.

LABORATÓRIO VIVO

Objetivos Estratégicos

- Promover a **mobilidade ativa** no campus
- **Gerar dados relevantes** para o planejamento urbano
- Articular **ensino, pesquisa e extensão**
- Oferecer um **espaço de experimentação** em escala real

CONTEXTO CLIMÁTICO

Impacto Clima-Uso

A localização tropical (Rio de Janeiro) com altas temperaturas e umidade é um fator estrutural.

▲ Primavera / Clima Ameno

Aumento significativo no volume de viagens.

▼ Verão & Outono Chuvoso

Redução de viagens devido ao clima adverso.

PROBLEMA DE PESQUISA

Da experimentação à recorrência

LACUNA

A literatura explica bem a adoção inicial, mas ainda há menos evidência quantitativa sobre quando o uso deixa de ser ocasional e passa a apresentar alta recorrência — especialmente em sistemas de microescala e campi universitários.

Isso limita decisões sobre comunicação, incentivos, disponibilidade de frota e priorização de recursos.

PERGUNTA CENTRAL

A partir de quantas viagens a probabilidade de o usuário realizar a próxima viagem se estabiliza em um patamar elevado?

Objetivo Determinar um limiar quantitativo de recorrência para os usuários do Integra UFRJ.

Hipótese operacional: as primeiras viagens formam a principal janela de vulnerabilidade ao abandono.

Base conceitual: artigo — Introdução e Referencial Teórico; Wang et al. (2020); Hu, Chen & Chen (2021); Pobudzei & Hoffmann (2024).



UFRJ



PR1



PR2



extensão UFRJ



FÓRUM DE CIÊNCIA E CULTURA



SGAADA



SGTIC



CM UFRJ-MACAE



Campus UFRJ Duque de Caxias



PREFEITURA UNIVERSITÁRIA

ESTUDO DE CASO

Integra UFRJ como laboratório vivo

Sistema gratuito de bicicletas compartilhadas com estações virtuais na Cidade Universitária da UFRJ, Ilha do Fundão.

80

bicicletas ativas no escopo
analisado

7

estações virtuais distribuídas no
campus

2023–2024

janela de dados operacionais

60 min

limite operacional por viagem

SISTEMA DOCKLESS / ESTAÇÕES VIRTUAIS

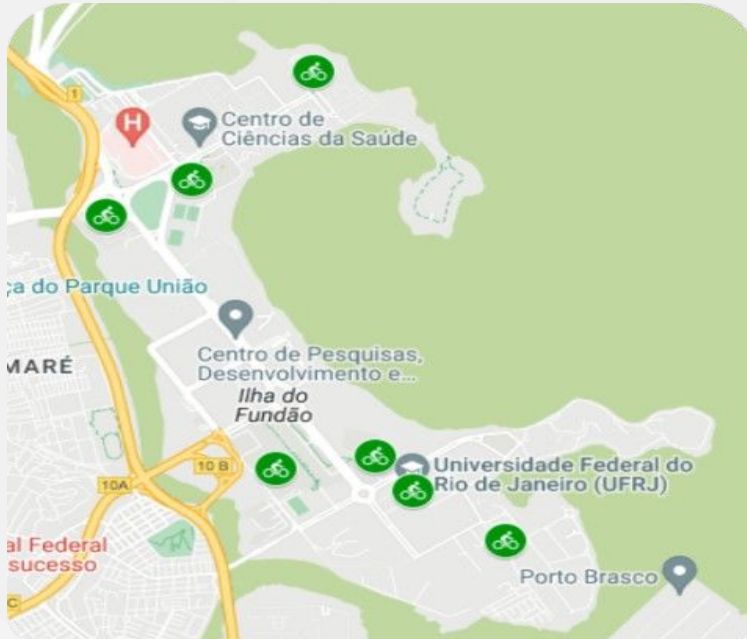
retirada e devolução por geolocalização



Campus universitário = ambiente controlado
para observar adoção, rotina e recorrência.

ESTUDO DE CASO

Integra UFRJ como laboratório vivo



CARACTERÍSTICAS DA ILHA DO FUNDÃO

- **Área Total:** 5,2 km²
- **Extensão Ciclovitária:** ~6 km de malha
- **Geocerca das Estações:** Raio de 15 m

Nº	Estação Virtual	Localização	Característica Principal
1	Alojamento Estudantil	Largo Wanda de Oliveira, 400	Área cercada, no interior do Alojamento.
2	Restaurante Univ. Central	Av. Carlos Chagas Filho, s/n	Em frente ao R.U. Menor risco de furtos.
3	Prefeitura Universitária	Praça Jorge Machado Moreira, 100	Área com controle de acesso, próximo ao prédio.
4	Centro de Tecnologia	Av. Athos da Silveira Ramos, 149	Abaixo dos pilotis, próximo ao bloco A.
5	Faculdade de Letras	Av. Horácio Macedo, 2151	Interior da faculdade, em área aberta.
6	Centro de Letras e Artes	Av. Pedro Calmon, 550	Entrada principal, ao lado da banca.
7	Parque Tecnológico	R. Paulo Emídio Barbosa, 27	Próximo à Reitoria, com segurança 24h.

Campus universitário = ambiente controlado para observar adoção, rotina e recorrência.

SONDA DE DADOS

Como a base de dados foi preparada

FERRAMENTA

APLICATIVO INTEGRA UFRJ

Plataforma foi desenvolvida para facilitar o deslocamento e a coleta de dados operacionais no campus.

Democrático

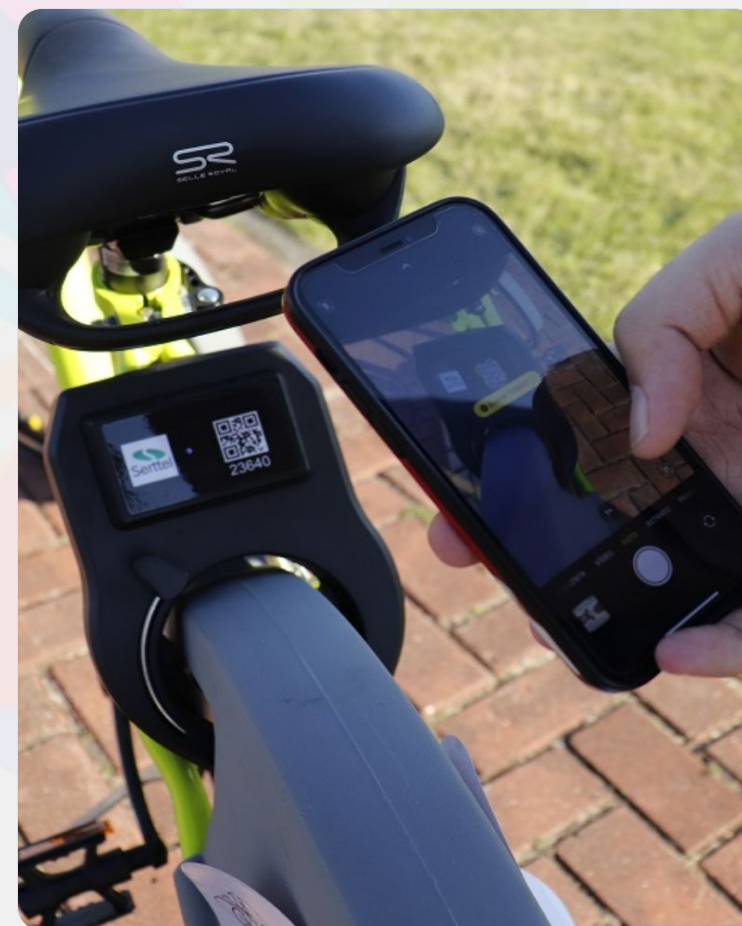
Acesso aberto a toda a comunidade acadêmica da UFRJ no campus da Ilha do Fundão.

Gratuito

Sem cobrança de taxas de uso, estimulando a adesão e a mobilidade sustentável.

Fácil

Interface intuitiva com sistema dockless e validação por geolocalização.



+5100

cadastros



+45k

viagens





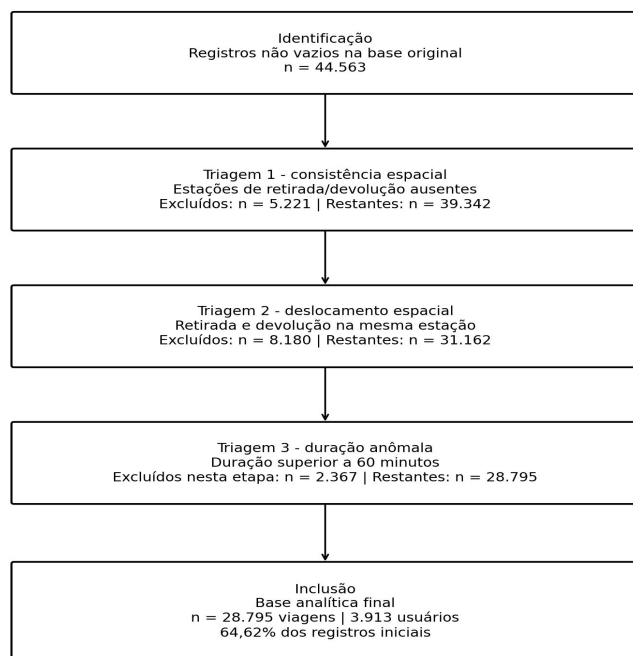
1,3 voltas ao redor da Terra

+52000km

pedalados

DADOS E TRATAMENTO

Como a base foi preparada



44.563

registros não vazios na base original

28.795

viagens válidas após limpeza

3.913

usuários distintos (globalId)

64,62%

dos registros iniciais permaneceram

Critérios sequenciais

1) estação ausente • 2) origem = destino • 3) duração > 60 min

Os dados analisados incluíram informações do sistema Integra UFRJ, como horários, duração das viagens, idade dos usuários e gênero, enquanto informações sobre infraestrutura ciclovária completaram o conjunto. As análises exploraram perfis de usuários, padrões temporais e correlações entre clima e volume de viagens.

MODELAGEM

Como a recorrência foi medida

PROBABILIDADE CONDICIONAL

$$P(V_{n+1} | V_n)$$

Entre os usuários que já fizeram n viagens, qual proporção realizou também a viagem seguinte?

Curva calculada para $n = 1$ a 20 .

AJUSTE LOGÍSTICO

$$P(n) = P_{\min} + (P_{\max} - P_{\min}) / [1 + e^{-k(n-n_0)}]$$

O modelo suaviza oscilações e estima quando a tendência de continuidade cruza o patamar de 90%.

Dois limiares modelo $\geq 90\%$ | empírico: permanece $\geq 90\%$

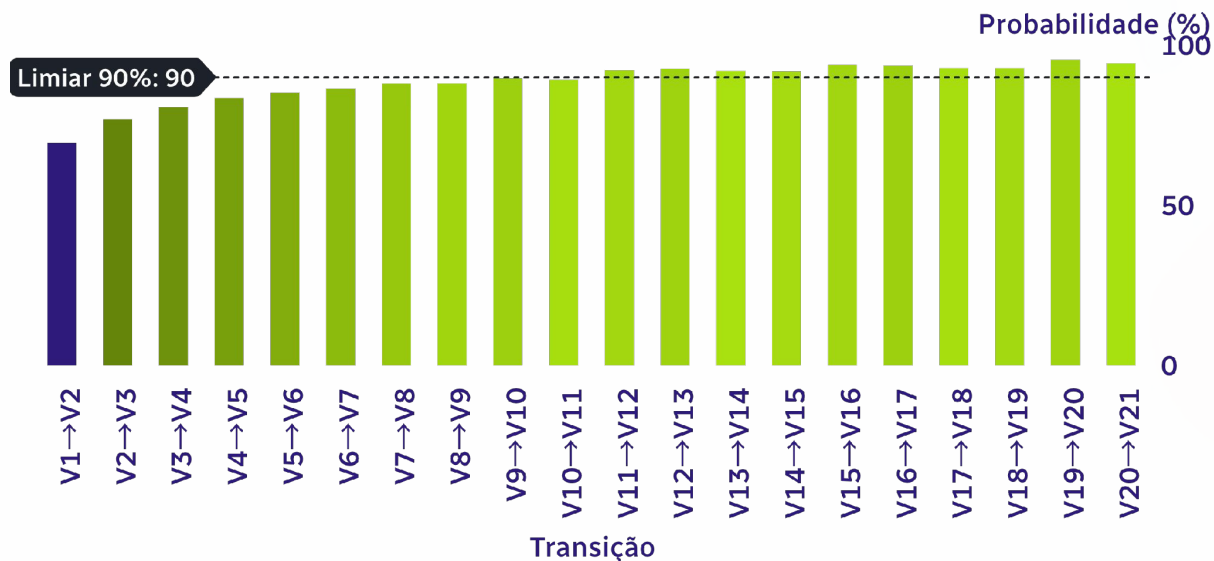
Métricas complementares definidas no protocolo: Freq_30, Freq_60, Freq_90, Freq_180 e churn > 90 dias de inatividade.

Fonte: artigo — Metodologia, "Definição do abandono" e "Ajuste logístico da curva de recorrência".

RESULTADOS PRINCIPAIS

O que os dados mostraram

A curva logística ajustada às probabilidades empíricas revelou excepcional qualidade de aderência teórica, situando o limiar de 90% no ponto contínuo de 8,02 viagens.



69,61%

V1 → V2: maior vulnerabilidade ao abandono

9 viagens

cruzamento de 90% estimado pelo modelo

11 viagens

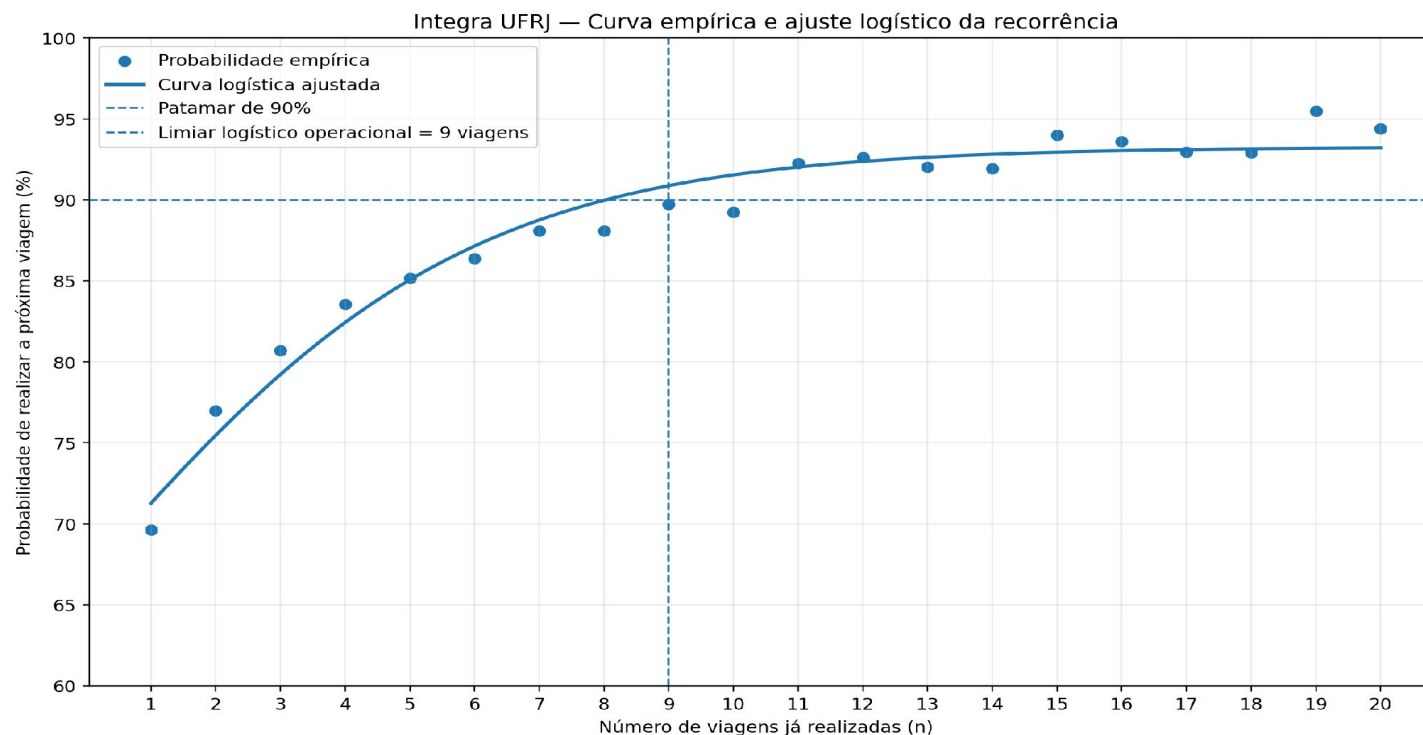
limiar empírico conservador de recorrência

$R^2 = 0,9646$ • $RMSE = 0,0121$

Fonte: artigo — Resultados e Discussão. A série empírica permanece $\geq 90\%$ a partir de V11→V12 (92,26%).

RESULTADOS PRINCIPAIS

O que os dados mostraram



$$R^2 = 0,9646$$

Coeficiente de determinação (R^2)

$$RMSE = 0,0121$$

Erro médio quadrático (RMSE)

X = 8,02 viagens →
Limiar Teórico: 9ª
Viagem

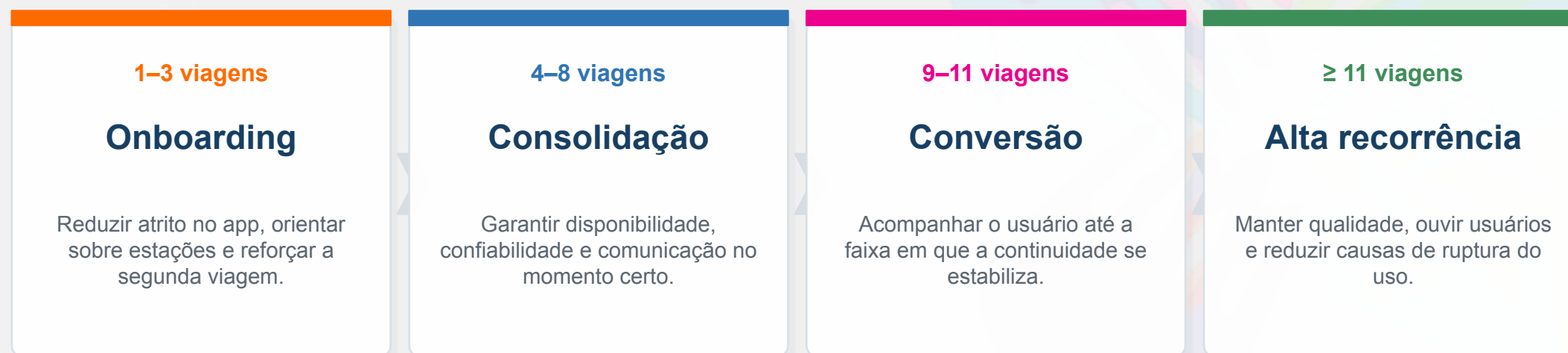
Fonte: artigo — Resultados e Discussão. A série empírica permanece $\geq 90\%$ a partir de V11→V12 (92,26%).

Estabilidade consistente
alcançada apenas a partir
da 11ª viagem (V11→V12 =
92,26%).

Ponto mais vulnerável:
30,4% dos usuários
desistem logo após a 1ª
viagem.

A janela crítica está nas primeiras viagens

O estudo não prova, isoladamente, a formação psicológica de hábito. Ele identifica um regime de alta recorrência observada.



Mensagem para operadores: o esforço de retenção deve se concentrar antes da 11ª viagem — quando o usuário ainda está mais vulnerável ao abandono.

INTERPRETAÇÃO E GESTÃO

A janela crítica está nas primeiras viagens

ANÁLISE COMPARATIVA

Mas a evidência observada é mais conservadora

Embora o modelo logístico aponte a 9ª viagem, a inspeção direta dos dados brutos revela que as transições reais subsequentes ainda oscilaram abaixo da linha de corte.

Modelo Suavizado (Logístico)

9ª viagem

A curva contínua atinge 90,0% exatamente em **8,02 viagens**, sugerindo retenção precoce devido à suavização matemática da dispersão empírica.

Marco Teórico	8,02 viagens
Aderência R ²	0,9646

Dado Empírico Observado

11ª viagem

As transições reais V9→V10 (89,71%) e V10→V11 (89,23%) recuam. O patamar >90% só se consolida em **V11→V12 (92,26%)**.

V9→V10	89,71%
V10→V11	89,23%
V11→V12	92,26%

11

Limiar empírico prudencial adotado pelo estudo.

Critério

Em gestão operacional, adota-se a evidência real em vez da projeção suavizada para garantir fidelização efetiva.



O que o estudo acrescenta

A janela crítica vai da 1ª à 11ª viagem

É neste intervalo que se concentra a vulnerabilidade ao abandono. Políticas de retenção e intervenções operacionais precisam atuar de forma intensiva antes que o usuário atinja a 11ª viagem.



Disponibilidade na Origem

Garantir bicicletas funcionais nos horários de pico universitário reduz a frustração no primeiro contato.



Comunicação Pós-Uso

Notificações motivacionais e incentivos imediatos após a 1ª e 2ª viagens estimulam o retorno ágil.



Fluidez no Aplicativo

Desbloqueio rápido e clareza no mapa de estações virtuais minimizam atritos cognitivos iniciais.



Rebalanceamento Ativo

Redistribuição constante de frota assegura confiabilidade percebida ao longo das 10 primeiras viagens.

1→11

viagens

A 'zona de conversão' onde cada intervenção tem retorno marginal máximo.

Diretriz

Atingida a 11ª viagem, a probabilidade de continuidade espontânea ultrapassa 92%.

CONTRIBUIÇÕES E DESDOBRAMENTOS

O que o estudo acrescenta

CONTRIBUIÇÃO

- Transforma “retenção” em uma métrica operacional mensurável.
- Distingue limiar suavizado do modelo (9) e limiar empírico conservador (11).
- Gera uma referência para planejar intervenções nas primeiras viagens.

POLÍTICA

- Apoia a prioridade à mobilidade não motorizada prevista na PNMU.
- Contribui para ODS 11 e ODS 13 com evidência para gestão de mobilidade sustentável.
- Mostra como dados operacionais podem orientar planejamento e avaliação.

LIMITAÇÕES

- Janela observacional restrita a 2023–2024.
- globalId tratado como identificador individual.
- Sem filtro mínimo de viagens curtas e sem exclusão inequívoca de perfis de manutenção.

Próximos passos: testar censura temporal, perfis sociodemográficos, tempo até a segunda viagem e janelas de 30/60/90/180 dias.

MENSAGEM-CHAVE

Conclusão

Não basta atrair a primeira viagem.

O desafio é conduzir o usuário pelas primeiras experiências até um regime de alta recorrência.

Integra UFRJ

- 69,61% de continuidade após a 1ª viagem
- 9 viagens: limiar do modelo
- 11 viagens: limiar empírico conservador
- primeiras viagens = principal janela de ação

O Integra UFRJ oferece um marco operacional quantitativo para orientar retenção, dimensionamento de frota e políticas de mobilidade ativa no ambiente universitário. **Limitações:** Avaliar diferenças entre segmentos de usuários e períodos acadêmicos. Recorrência estatística não deve ser confundida com prova isolada de hábito psicológico — mas constitui a métrica mais confiável para gestão.

Evidência de campo para apoiar gestão, mobilidade ativa e políticas públicas sustentáveis.



A Equipe Integra UFRJ comunicou a Decania do CT que o projeto será encerrado nesta sexta-feira, dia **18/07/2025**.

O Integra UFRJ, sistema gratuito de compartilhamento de bicicletas, está ativo desde 2022 na Cidade Universitária e após quase três anos de operação, o projeto será encerrado em razão do término da vigência dos recursos da FAPERJ, sem possibilidade de renovação.

Segue anexo os seguintes documentos:

- A carta oficial de encerramento, com informações detalhadas sobre o projeto, seus resultados e os próximos passos.
- Uma breve apresentação institucional do Integra UFRJ, que resume nossa trajetória e os impactos ao longo desse período.

A Equipe Integra UFRJ está realizando a última pesquisa com usuários e não usuários para compreender os impactos do projeto e subsidiar futuras iniciativas de mobilidade no campus (<https://forms.gle/LCeAdS5D6A1eGhNW8>) e agradece a toda a comunidade universitária - alunos, técnicos, docentes e unidades acadêmicas - pelo apoio, participação e contribuição fundamentais para os resultados alcançados pelo projeto.



spotted.ufrj • A seguir



spotted.ufrj 9 sem

Fala, chefia! N sei se já avisaram aqui:

As bicicletas compartilhadas do Fundão, pelo Integra UFRJ, vão deixar de existir a partir de sexta, 18/07/2025.

Se não tiver barulho, nunca mais volta



gaellima 9 sem

Entendo as críticas ao projeto Integra — tivemos, de fato, muitos pontos a melhorar. Ainda assim, trata-se de uma iniciativa fantástica, que certamente fará falta. Vale lembrar que o projeto foi viabilizado por estudantes, que submeteram um edital e



1026 gostos

16/7



Adicionar comentário...



luizacdss 9 sem

que sacanagem, ajuda demais!!! uma pena não ter mais estações pela ufrj.. como na vila, faria diferença para muitos alunos.. mas por ter apenas só lá dentro do parque tecnológico desmotiva muita gente.... uma pena isso

110 Gostos Responder ...

Ver todas as 5 respostas



cajuxlopes 9 sem

o fundão já é isolado dentro do próprio fundão, as bicicletas eram uma ótima ferramenta pra que estudantes se locomovam entre prédios!!!

133 Gostos Responder ...



bybrandione 9 sem

Serviço ruim melhora com investimentos, mas pelo visto qualquer melhoria pro estudante é um ultraje pra direção.

14 Gostos Responder ...





MANUAL DO CICLISTA DESENVOLVIDO PELA PREFEITURA UNIVERSITÁRIA

RANKING DO GREEN MÉTRICS



Evidence(s)
UI GreenMetric Questionnaire

University : Universidade Federal do Rio de Janeiro
Country : Brazil
Web Address : <https://ufrj.br/>

[5] Transportation (TR)
[5.9] Zero-Emission Vehicles (ZEV) policy on campus (TR.3)
The option selected was **V** (Zero Emission Vehicles are available, and provided by university for free), given the evidence below.

Zero Emission Vehicles (ZEV) policy on campus	Photographic evidence
Integra UFRJ - Dockless bicycle sharing service at UFRJ for free transportation of the university community	 Fig. 5.9 – 1 : people riding bicycles in the cycle path of the technology park of UFRJ
	 Fig. 5.9 – 2 : image of the front profile of the Integra UFRJ bicycle

STAND DO PROJETO
NO RIO INNOVATION
WEEK



MOBILIDADE URBANA
SUSTENTÁVEL NA
UFRJ



Referências

Caggiani, L., Camporeale, R., Ottomanelli, M., & Szeto, W. Y. (2019). User satisfaction based model for resource allocation in bike-sharing systems. *Transport Policy*, 80, 117–126. [link removed]

Chaves, G. D. L. D., Boldrini, O., Rosa, R. D. A., Ghisolfi, V., & Ribeiro, G. (2021). Policy influence in the dynamic of energy and carbon dioxide emissions intensity of Brazilian road transport. *Case Studies on Transport Policy*. [link removed]

El-Assi, W., Mahmoud, M. S., & Habib, K. N. (2015). Effects of built environment and weather on bike sharing demand: A station level analysis of commercial bike sharing in Toronto. *Transportation*, 42(4), 593–613. [link removed]

Franca, L., Ribeiro, G., Filho, R., Perim, L., Hoffmann, I., & Abramides, C. (2019). Carbon footprint of Brazilian highway network. In *Carbon Footprints* (pp. 75–90). Springer. [link removed]

Lin, J.-R., & Yang, T.-H. (2011). Strategic design of public bicycle sharing systems with service level constraints. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(2), 284–294. [link removed]

Mukku, V. D., Ranjani, A., & Sreeram, V. (2022). Evaluation of station distribution strategies for next-generation bike-sharing system. In *Conference on Sustainable Urban Mobility* (pp. 1358–1373). Springer Nature. [link removed]

Nichi, J. (2023). The role of multi-level climate governance in urban transport politics. *Concilium*. [link removed]

Raviv, T., Tzur, M., & Forma, I. A. (2013). Static repositioning in a bike-sharing system: Models and solution approaches. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 2(2), 187–229. [link removed]

Ricci, L. M. (2023). Seleção de indicadores chave de performance para o transporte de carga baseados nos critérios ESG e sua relação com os veículos elétricos [Dissertação de Mestrado, COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro].

Solaymani, S. (2019). CO2 emissions patterns in 7 top carbon emitter economies: The case of transport sector. *Energy*, 168, 989–1001. [link removed]

Soliani, R. (2021). Brazilian road freight transportation sector: The challenge of sustainability. *Journal of Traffic and Logistics Engineering*, 9(2), 32–41. [link removed]

Xin, F., Chen, Z., Wang, J., & Lin, Y. (2018). Cyclist satisfaction evaluation model for free-floating bike-sharing system: A case study of Shanghai. *Transportation Research Record*, 2672(31), 21–32. <https://doi.org/10.1177/0361198118794309>

Artigo-base: Lima, G. B. C.; Ricci, L. M.; Marujo, L. G.; D’Agosto, M. A. — “Adoção e Retenção em Sistemas de Bicicletas Compartilhadas de Microescala”.