OTIMIZAÇÃO DE ROTAS PARA OPERAÇÕES DE ÚLTIMA MILHA CONSIDERANDO ÁREAS DE RISCO À ROUBO/FURTO

Palavras-Chave: LOGÍSTICA, LAST-MILE, ROTEIRIZAÇÃO.

Autores/as:

GUSTAVO ANDRADE FRANÇA, FECFAU, UNICAMP

Prof.(ª) Dr.(ª) LUCIANO APARECIDO BARBOSA (orientador(a)) FECFAU, UNICAMP

INTRODUÇÃO:

As operações logísticas de última milha (last-mile) desempenham um papel central na cadeia de suprimentos, especialmente em contextos urbanos complexos. Entretanto, áreas periféricas como favelas apresentam desafios específicos que impactam diretamente a eficiência e a segurança dessas operações. Vias estreitas, infraestrutura precária e a presença de áreas com alta incidência de criminalidade dificultam a entrega segura e pontual de mercadorias.

A identificação espacial de áreas de risco, como regiões com histórico recorrente de roubos e furtos de carga, pode fornecer subsídios importantes para a construção de estratégias logísticas mais eficazes. A análise da distribuição desses eventos, segundo Queiroz, Silva e Araujo (2008), permite compreender padrões de ocorrência e tendências de crescimento, colaborando para o planejamento e a mitigação de riscos.

Além disso, como discutido por Amaral e Cunha (2020), fatores como topografia e características da rede viária afetam significativamente o desempenho das rotas de entrega, especialmente em diferentes horários do dia. Diante disso, Ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem integrar esses dados de forma visual e analítica, possibilitando a roteirização inteligente baseada em fatores de custo associados ao risco.

Dessa forma, compreender os desafios logísticos enfrentados em áreas urbanas vulneráveis e utilizar tecnologias geoespaciais para mapeá-los e contorná-los pode promover entregas mais eficientes, reduzir perdas operacionais e ampliar a confiança do consumidor final, fortalecendo a sustentabilidade dos serviços logísticos em grandes centros urbanos.

METODOLOGIA:

Este estudo propõe uma abordagem metodológica baseada em técnicas de geoprocessamento para identificar áreas de risco em operações de entrega de última milha e incorporá-las ao processo de roteirização logística. A metodologia foi desenvolvida considerando a integração entre fontes de dados espaciais, ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e conceitos de logística urbana. O objetivo principal é estruturar um fluxo automatizado que permita, de forma reprodutível, a espacialização de ocorrências de risco e sua conversão em fatores de custo no cálculo das rotas de entrega.

O método foi projetado para ser executado no ambiente QGIS, utilizando ferramentas de análise espacial, modelagem de densidade e geocodificação. A sequência de procedimentos foi definida de forma a garantir a consistência dos dados, a eficiência computacional do fluxo e a capacidade de gerar resultados úteis para a tomada de decisão logística em áreas urbanas com alta complexidade territorial.

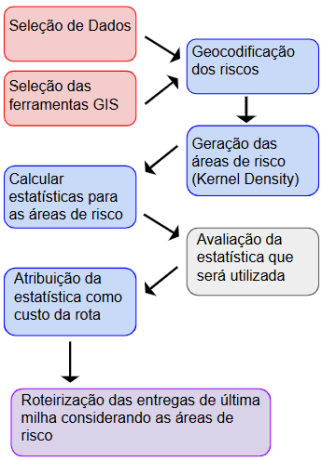

Figura 1 - Sinopse do método para geração das áreas de risco e roteirização de entregas de última milha

Materiais e ferramentas

Destacam-se os seguintes materiais, ferramentas e fontes de dados ao longo do projeto:

Material/Ferramenta	Função Principal
QGIS	Ferramenta de análise espacial, roteirização e modelagem de risco
Dados gratuitos online	Base inicial para análise espacial e simulações
Dados de empresas parceiras	Informações reais sobre roubo/furto para simulação de áreas de risco

Tabela 1 - Materiais/ferramentas e suas respectivas funções resumidas

Desafios Técnicos

O trabalho enfrentou desafios relacionados à diversidade e ao volume dos dados manipulados. Dentre os principais, destacam-se:

- Espacialização do risco: A geocodificação das ocorrências influencia diretamente a precisão da análise. Dados incompletos ou mal formatados dificultam esse processo.

- Integração de dados: Foi necessário conciliar arquivos vetoriais, tabulares e de diferentes fontes, com variações de formato e qualidade.

- Volume de dados: O sistema viário e os pontos de risco exigiram grande capacidade de processamento e otimização dos fluxos de trabalho.

- Validação dos resultados: A confiabilidade dos dados foi assegurada por meio de testes de consistência espacial e verificação topológica das rotas.

Esses desafios demandaram uma abordagem multidisciplinar, envolvendo geotecnologias, estatística, logística e programação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A primeira etapa dos resultados consistiu na comparação entre duas ferramentas de geocodificação — Google Earth Pro e o recurso Geocode utilizado no Google Sheets — com o objetivo de transformar endereços baseados em CEP em coordenadas geográficas. Essa análise foi essencial para avaliar a qualidade da espacialização dos dados de sinistros, etapa crítica para a confiabilidade das análises espaciais subsequentes. Os erros em cada ferramenta foram contabilizados na tabela a seguir:

	Dados totais	**Erros Google Earth**	**Erros Geocode**
CEP início	493	65	131
CEP fim	493	91	130

Tabela 2 - Comparação de erros entre Google Earth Pro e Geocode

Diante disso, pode-se perceber que a comparação permitiu identificar diferenças na correspondência dos pontos no mapa, contribuindo para a escolha da ferramenta mais adequada à realidade dos dados disponíveis, no caso, o Google Earth Pro.

A segunda etapa dos resultados apresenta o processo de construção do mapa de risco utilizando o QGIS. A partir da base de dados espacializada, foram realizadas etapas de organização, validação e categorização dos sinistros, seguidas pela aplicação de simbologias temáticas para representar a densidade e distribuição dos eventos. Vale salientar que o tempo de processamento dessa etapa foi de, aproximadamente, 15 horas. Esse procedimento permitiu gerar uma visualização clara das áreas com maior concentração de ocorrências, servindo como suporte para análises logísticas e tomada de decisão. Abaixo, as figuras mostram algumas das etapas executadas dentro do software.

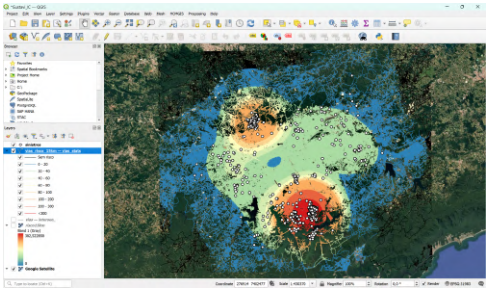

Figura 2 - espacialização do risco a partir do mapa de calor

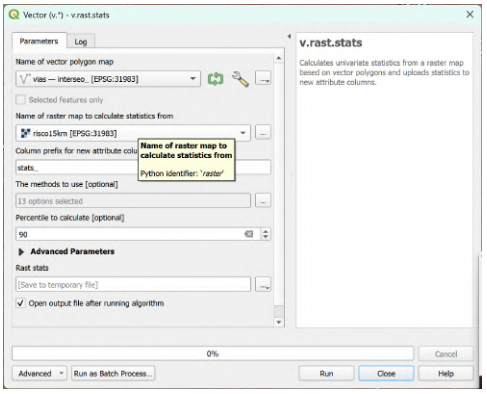

Figura 3 - parâmetros utilizados na geração dos valores estatísticos do risco associado às vias

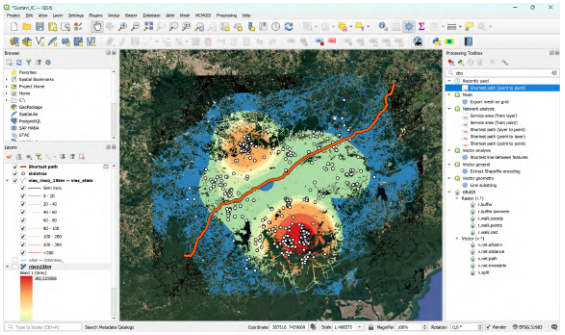

Figura 4 - rota desconsiderando o risco

CONCLUSÕES:

Portanto, conforme o exposto, foi possível perceber que a pesquisa desenvolveu um método para identificação de áreas de risco em operações de last-mile utilizando ferramentas de SIG. A comparação entre plataformas de geocodificação mostrou diferenças na precisão da espacialização dos dados, etapa fundamental para análises consistentes.

Com base nas ocorrências de sinistros e na estrutura viária urbana, foi possível gerar mapas de risco no QGIS, demonstrando o potencial da análise espacial na roteirização segura.

Ademais, cabe destacar que a pesquisa está em fase de conclusão, onde estão sendo associados os custos de risco no processo de roteirização. Os resultados reforçam a importância dos SIGs como apoio à logística em contextos urbanos complexos.

BIBLIOGRAFIA

AMARAL, J. C.; CUNHA, C. B. **An exploratory evaluation of urban street networks for last mile distribution**. Cities, Elsevier, v. 107, p. 102916, 2020.

QUEIROZ, M. P.; SILVA, F. D.; ARAUJO, C. E. F. **Análise espacial exploratória de roubos de cargas em rodovias federais no Estado de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Risco e Seguro, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 129–144, 2008.