

SISTEMA DE REFERENCIAMENTO LINEAR APLICADO AO CADASTRO GEOESPACIAL RODOVIÁRIO NO BRASIL

Aline Gomes da Silva Druzina

Sérgio Florêncio de Souza

Felipe Geremia Nievinski

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto

RESUMO

Na área de cadastro rodoviário o desafio por décadas tem sido desenvolver modelos de dados genéricos para que dados referenciados linearmente (unidimensionais), utilizados pela grande maioria dos departamentos de transportes, possam ser adaptáveis e personalizáveis para atender a diferentes ambientes multidimensionais. Diante de um cenário confuso, recentemente foi desenvolvida a normativa internacional ISO 19148:2012 de Referenciamento Linear, ampliando os conceitos a respeito desta temática. Neste contexto, o presente trabalho tem como principal objetivo propor um sistema integrado de cadastro rodoviário geoespacial com base nos princípios de Sistemas de Referenciamento Linear (SRL), considerando as normativas vigentes. Para tanto, foi realizada uma revisão de literatura e estão sendo desenvolvidas etapas de cadastramento de dados através SRL com diferentes softwares e enquete junto aos Departamentos de Estradas do Brasil para levantamento de requisitos. Estas atividades irão subsidiar a formulação de propostas e recomendações de boas práticas para o cadastro rodoviário no Brasil.

1. INTRODUÇÃO

No setor rodoviário, a atividade de cadastramento e integração das informações é tarefa contínua podendo ser realizada com a utilização de Sistemas de Referenciamento Linear (SRL) e/ou de Sistemas de Informações Geográficas aplicados a Transportes (SIG-T). Os SRL são utilizados para medir distâncias, descrever e localizar objetos ao longo das rotas dos modais de transportes muito antes do uso de tecnologias de SIG e da existência de computadores. Este sistema está baseado na determinação unidimensional de um ponto desconhecido considerando um ponto de referência, direção e distância conhecidas. Os SIG-T apresentam conceitos, algoritmos de softwares e estruturas de modelos de dados exclusivos, sendo ferramentas indispensáveis no desenvolvimento dos processos de transportes. Por mais que o uso de SIG-T tenha se difundido a grande maioria dos dados existentes em departamentos de transportes são referenciados linearmente.

É importante distinguir o cadastro rodoviário (road registry, em inglês) do cadastro territorial ou imobiliário (cadastre, em inglês) (Loch, 2007). Esse tem como unidade básica a parcela, que é uma região com propriedades jurídicas uniformes; já aquele, tem como primitiva o eixo da rodovia, ou seja, uma feição linear, sem área.

Esta pesquisa tem como principal objetivo propor um sistema integrado de cadastro rodoviário geoespacial com base nos princípios de Sistemas de Referenciamento Linear, considerando as normativas existentes.

A norma internacional ISO 19148 publicada em Fevereiro de 2012, foi elaborada pelo Comitê Técnico 211 (ISO/TC 211) de Informação Geográfica/Geomática e se propõe a padronizar os Sistemas de Referenciamento Linear (ISO, 2012). Sendo um documento normativo muito recente, a sua aplicação ainda não foi consolidada internacionalmente e no Brasil, sendo um amplo campo de estudo no qual estabelece-se a seguinte hipótese:

A normativa internacional ISO 19148:2012 de Referenciamento Linear pode ser adotada sem adaptações e alterações no Brasil.

Caso a hipótese seja verdadeira isto fortalece a própria normativa e o cenário brasileiro; caso contrário, algumas sugestões de melhorias poderão ser fornecidas através deste trabalho.

2. SISTEMA DE REFERENCIAMENTO LINEAR

Diferentes sistemas de referência da localização rodoviária têm sido adotados ao longo dos anos. Pode-se destacar a utilização comum de três elementos básicos para o referenciamento linear das informações: a identificação de um ponto conhecido (sendo marcos de referência, placas de sinalização, interseções, etc.); uma direção (por exemplo, da cidade A até a cidade B); e uma medida a partir do ponto de referência.

A ISO 19148:2012 define SRL como um conjunto de Métodos de Referenciamento Linear (MRL) e as políticas, registros e procedimentos para a sua aplicação (ISO, 2012). Esta normativa propõe um modelo generalizado para referenciamento linear categorizando os MRL existentes em um conjunto básico de conceitos comuns e padronizando a localização referenciada linearmente através de uma expressão de posição com três componentes: o Elemento Linear, o Método de Referenciamento Linear e a Expressão de Distância (Scarponcini, 2005; ISO, 2012).

Até o presente momento, não há um consenso com relação à metodologia e padrões a serem seguidos para a integração das informações rodoviárias no Brasil. Muitos aspectos das normativas vigentes no âmbito da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) são diferentes das adotadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura Transportes (DNIT). Existem muitos trabalhos sobre a INDE e sobre cadastro territorial, incluindo aspectos de transporte, porém há falta com relação a SRL (Dal Santo *et al.*, 2015; de Sousa Neto e Carneiro, 2013; Dornelles e Iescheck, 2013; Lopes, 2017). O cenário internacional é confuso também porque cada país adota diferentes sistemas, sendo que diversas modelagens conceituais de dados foram propostas ao longo dos anos, comprovando uma preocupação constante na padronização e integração das informações rodoviárias. Entre estes modelos e iniciativas de aplicações para SRL destacam-se Dueker e Butler (1998), Demirel (2002), Vonderohe e Hepworth (1997), Scarponcini (2005), Adams *et al.* (2001), FHWA (2014), ISO (2012) e OGC (2012).

3. METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia de desenvolvimento deste trabalho foi dividida em três etapas principais sendo descritas resumidamente a seguir:

3.1. Pesquisa junto aos departamentos de estradas do Brasil

Uma consulta às práticas de SIG e SRL adotadas no Brasil será desenvolvida através de uma enquete junto aos Departamentos Estaduais de Estradas de Rodagem (DER) e ao DNIT. As questões serão objetivas e dissertativas, objetivando propiciar uma visão geral a respeito do tema, abordando aspectos: técnicos, legais, institucionais, de recursos e softwares, metodologias, da atualização das informações e necessidades de desenvolvimento.

Além desta enquete, um estudo de caso está sendo desenvolvido junto ao Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul (DAER-RS), com o objetivo de auxiliar na identificação das práticas de cadastro de rodovias adotadas no estado e realizar testes com dados mais próximos da realidade de um departamento de estradas.

3.2 Projeto Piloto

Um teste prático para aplicação das premissas previstas pela normativa internacional ISO 19148:2012 será realizado. Para tanto, em uma área de estudo piloto (uma rodovia e uma rede rodoviária) será testado o cadastramento de dados espaciais através de diferentes softwares, disponíveis no mercado. Esta atividade será dividida em três etapas descritas a seguir:

1. *Seleção da rodovia e rede rodoviária de estudo:* A área de estudo piloto para aplicação dos testes práticos escolhida foi a Rota do Sol, trechos das rodovias RSC-453 e ERS-486 entre Tainhas e Terra de Areia (com 54km de extensão) e a sua rede rodoviária adjacente. A Rota do Sol é uma rota rodoviária que liga São Borja ao litoral Norte do RS sendo que os trechos escolhidos percorrem três unidades de Conservação Ambiental do Bioma Mata Atlântica: Área de Proteção Ambiental Rota do Sol, Estação Ecológica Estadual de Aratinga e Reserva Biológica Mata Paludosa. Além disso, apresentam interseções e alguns elementos complexos tipo túneis, rotatórias, anéis e alças de acesso.
2. *Seleção dos dados e eventos:* Diversos dados serão utilizados nos testes de cadastramento tais como: sinalização vertical, Obras de Arte Especiais (OAE), deslizamentos, dispositivos de drenagem, acidentes, registro legal de faixa de domínio, pavimentação, administração, passivos ambientais, etc.
3. *Testes de cadastramento com diferentes softwares:* O cadastramento dos eventos selecionados será realizado com a utilização de até três softwares disponíveis no mercado que apresentem ferramentas de SRL, como exemplo: ArcGIS, Bentley, QGIS, PostGIS. O desenvolvimento desta etapa inicia com o estudo do modelo do software baseado na documentação existente do software e também da realização de treinamento com simulações no software. Após, o cadastramento propriamente dito das informações será realizado, como eventos de feições e de atributos, utilizando diferentes MRL de forma a possibilitar o teste das funcionalidades disponíveis, como o exemplo a de segmentação linear. Por fim, uma análise dos resultados obtidos através da avaliação de capacidade e desempenho para cada software será realizada de forma comparativa entre os softwares e os modelos testados.

3.3 Análises e propostas de novos padrões de cadastro geoespacial rodoviário para o Brasil

Com base no cenário brasileiro do cadastro desenvolvido pelos departamentos de estradas, nas normativas existentes, (INDE e DNIT) e dos resultados obtidos a partir do projeto piloto uma análise será realizada de forma a tentar identificar os mínimos pré-requisitos necessários para a plena adoção da ISO 19148:212 no Brasil. Esta análise deverá abordar de forma objetiva os aspectos técnicos dos procedimentos relacionados a aplicação do modelo de SRL da ISO 19148:212. Possíveis adaptações e/ou modificações da metodologia da normativa para aplicação à realidade do cadastro rodoviário no Brasil podem ser sugeridas como resultado deste estudo em uma nova proposta de modelagem de dados a serem incorporados às normativas brasileiras (INDE e DNIT).

Como produto final deste trabalho idealiza-se a elaboração de um documento contemplando todas as recomendações de boas práticas identificadas a serem adotadas no cadastro rodoviário. Este documento poderá servir como referência no treinamento de agentes rodoviários contendo exemplos de análises e cruzamentos de dados possíveis com SRL e a aplicação para o cadastramento de trechos rodoviários de administração municipal.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A definição de Sistemas de Referenciamento Linear (SRL) foi expandida ao longo dos anos de forma a contemplar a integração com dados multidimensionais derivados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Porém, como consequência dessa abordagem evolutiva, não foram adotadas, de forma oficial e universal, práticas para SRL.

No presente momento a pesquisa apresenta a etapa de revisão de literatura foi concluída, estando em desenvolvimento do projeto piloto de cadastramento de dados através SRL com diferentes softwares e a enquete junto aos Departamentos de Estradas do Brasil. Com base nos resultados destas etapas, há a tentativa da formulação de uma proposta para um sistema integrado de cadastro rodoviário geoespacial com base nos princípios de SRL, considerando as normativas vigentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, T. M.; Koncz, N. A. e A. P. Vonderohe (2001) *Guidelines for the implementation of multimodal transportation location referencing systems. NCHRP Report 460*, Transportation Research Board, National Research Council, National Academic Press, Washington, D.C.
- Dal Santo, M. A.; Hubner, C. E. e F. H. de Oliveira (2015) Gestão da Informação Geográfica e Cadastral no Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 67, n. 2, p. 215-259.
- de Sousa Neto, J. A. e A. F. T. Carneiro (2013) Modelagem do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais–CNIR com vistas à sua integração à Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais–INDE. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 65, n. 2, p. 303–314.
- Demirel, H. (2002) *An Integrated Approach to the Conceptual Data Modeling of an Entire Highway Agency Geographic Information System (GIS)*. Thesis (Doctor of Engineering). Technische Universität Berlin - von der Fakultät VI – Bauingenieurwesen und Angewandte Geowissenschaften. Berlin, Germany.
- Dornelles, M. A. e A. L. Iescheck (2013) Análise da aplicabilidade da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) para dados vetoriais em escalas grandes. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 19, n. 4, p. 667–686.
- Dueker, K. J., e J. A. Butler (1998) GIS-T enterprise data model with suggested implementation choices. *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association*, v. 10, n. 1, p. 12 -36.
- FHWA (2014) *ARNOLD-All Road Network of Linear Referenced Data: Task 3- LRS Components and Best Practices Report*. United States Department of Transportation, Federal Highway Administration, Applied Geographics Inc., Washington, DC.
- ISO (2012) *ISO 19148:2012 (E), Geographic information — Linear referencing*. International Organization for Standardization, Technical Committee ISO/TC 211-Geographic information/Geomatics, CEN/TC 287 Geographic Information, BSI Standards Limited.
- Loch, C. (2007) *Cadastro Técnico Multifinalitário: Rural e Urbano*. Lincoln Institute of Land Policy, Cambridge, Massachusetts.
- Lopes, C. H. R. (2017) *Considerações sobre a estrutura de dados espaciais de rodovias no Brasil*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transporte e Gestão Territorial, Florianópolis, SC.
- OGC (2012) *OGC 10-129r1 - Geography Markup Language (GML) - Extended schemas and encoding rules (3.3.0)*. Open Geospatial Consortium, Clemens Portele, Wayland, MA.
- Scarponcini, P. (2005) ISO 19133 Tracking and Navigation Standard: 6.6 Linear Reference System Standard. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 1935, p. 77–84.
- Vonderohe, A., e T. Hepworth (1997) *A Methodology for Design of a Linear Referencing System for Surface Transportation*. SAND97-0637, Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico.

Aline Gomes da Silva Druzina (aline.druzina@gmail.com)

Sérgio Florêncio de Souza (sergio.florencio@ufrgs.br)

Felipe Geremia Nievinski (felipe.nievinski@ufrgs.br)

Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 44202, Setor 5, Campus do Vale, Porto Alegre, RS, Brasil