

AVALIAÇÃO DA TRAFEGABILIDADE DE ESTRADAS RURAIS PELO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DA RODOVIA (RCI)

GIOVANI RICHARD PITILIN¹, WEIMAR FREIRE DA ROCHA JUNIOR²,
GUSTAVO SAVARIS³, MIGUEL ANGEL URIBE-OPAZO⁴, ELIZABETH GIRON
CIMA⁵

¹ Engenheiro Civil, UTFPR, Toledo-PR, (45) 33796800, gipitilin@gmail.com

² Prof. Dr. UNIOESTE, Toledo-PR, (45) 3220-3228, wrochajr2000@gmail.com

³ Prof. Dr. UTFPR, Toledo-PR, (45) 33796800, gsavaris@utfpr.edu.br

⁴ Prof. Dr. UNIOESTE, Cascavel-PR, (45) 3220-3228, miguel.opazo@unioeste.br

⁵ Dr^a em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel-PR, (45) 3220-3228, egcima74@gmail.com

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO: A sociedade contemporânea necessita de políticas públicas eficientes para solucionar problemas de infraestrutura logística, como as estradas não pavimentadas, que estão intimamente ligadas ao desenvolvimento regional. O objetivo deste trabalho é analisar uma metodologia empregada para a avaliação de estradas não pavimentadas. Ao empregar esta metodologia, foram avaliados 320,2 km de estradas rurais do município de Toledo, Paraná, sendo que os trechos foram classificados como: Excelente (48,9%) e de Boa qualidade (41,1%) e em 186,9 km de trechos estradas rurais, referentes ao município de Ouro Verde do Oeste, no Paraná, foram classificadas como: Regular (40%) ou Bom (33%). O método de avaliação das estradas se apresentou eficiente, visto que foram avaliados aproximadamente 500 km em um curto espaço de tempo e com baixo custo. A visualização dos segmentos de pior qualidade foi apresentada por meio da espacialização dos dados obtidos. Isto se torna uma ferramenta de apoio a gestão pública e privada, e pode aprimorar o planejamento e melhorar os pontos que exigem manutenção das estradas rurais.

PALAVRAS-CHAVE: agronegócio, desenvolvimento regional, mapas de área.

EVALUATION OF TRAFFICABILITY OF NON-PAVED ROADS BY THE ROAD CONDITION INDEX (RCI) METHOD

ABSTRACT: The society where agribusiness is established requires solutions to the logistical infrastructure bottlenecks, such as rural roads, which bring inputs to rural properties and transport agricultural products, in addition to transporting people from the countryside to urban centers. When well structured, they generate efficiency and promote regional development. This article is aimed at evaluating a methodology for analyzing unpaved rural roads. A total of 320.2 km of roads were evaluated in the city of Toledo PR, with most stretches (48.9%) being classified as Excellent and Good quality (41.1%), and for Ouro Verde do Oeste-PR, 186.9 km of roads were evaluated, with the majority being classified as Good (33%) and Regular (40%). In conclusion, the method proved to be executable, these sections

were evaluated in a short period and with little cost. The visualization of the worst quality segments was presented through the spatialization of the data obtained, working as a support tool for public and private management, improving planning and increasing the useful life of these structures.

KEYWORDS: agribusiness, area maps, regional development.

INTRODUÇÃO: A agricultura é responsável por aproximadamente 6% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, e quando esse conceito se estende ao agronegócio, sua representatividade chega a aproximadamente 21,2% do PIB (CEPEA-CNA, 2019). De mais a mais o agronegócio é dependente das atividades logísticas, as quais fornecem a ligação entre o local de produção e os mercados, que são separados pelo tempo e pela distância (BALLOU, 2004).

Um sistema de logística eficiente permite a uma região geográfica explorar suas vantagens inerentes, especializando seus esforços de produção nos produtos que têm vantagens e exportando-os para outras regiões (ROSA, 2007). Esse esforço permite a facilidade de troca de mercadorias, levando a melhorias no padrão de vida da população pertencente àquela região.

O Brasil tem vantagens competitivas na produção agroindustrial quando comparado a outros produtores mundiais, mas perde em custos logísticos. Assim, melhorias na infraestrutura logística tornam-se relevantes na redução de custos e tempo (PONTES et al., 2009). As rodovias brasileiras são o principal meio de transporte de mercadorias, serviços e passageiros, uma vez que 60% do transporte é feito por este modal. Aproximadamente 80% das rodovias não são asfaltadas e, muitas vezes, encontram-se em condições precárias de trafegabilidade, aumentando os custos de transformação, além de proporcionar desconforto nas viagens, perda física de produtos agropecuários e comerciais para o agronegócio, impactos ambientais, entre outros problemas das mais variadas naturezas (CNT, 2016).

Devido ao fato de as propriedades rurais estarem amplamente dispersas em um território, as estradas rurais são o principal meio para o transporte de produtos agrícolas das unidades produtivas para os mercados locais, regionais e mundiais (TUNED; ADENIYI, 2012). Assim, as condições das estradas afetam diretamente o agronegócio. Com boas estradas rurais é possível aumentar as áreas de cultivo à medida que as fronteiras agrícolas se expandem com baixos custos e, conseqüentemente, para cultivar e escoar a produção são necessárias a ampliação das estradas rurais. Existe uma dupla relação entre as estradas rurais e o aumento da produção agrícola, visto que para melhor explorar os recursos da terra é necessário o transporte fácil de fertilizantes, boas sementes e melhores equipamentos agrícolas, resultando em melhor cultivo e aumento de produção. Dependendo da qualidade das estradas rurais, a produção agrícola pode ser deslocada com menores custos para armazéns e centros de consumo, movimentando o sistema econômico (AYELE, 2017).

As estradas rurais, assim como as estradas pavimentadas, demandam operações de manutenção para reduzir ou eliminar problemas ocasionados pelo seu uso. Este processo tem como objetivos reduzir os custos de manutenção dos veículos; proporcionar uma viagem mais segura, confortável e rápida para o usuário, sem causar danos à carga transportada; além de prolongar a vida útil dos veículos (ROBERTS; ROBINSON, 1983; OCDE, 1988; ODA; FERNANDES JÚNIOR; SÓRIA, 2001; FRANCO; TAKEMOTO; ARAGÃO, 2017).

As metodologias de avaliação para de estradas não pavimentadas no Brasil, apresentadas por Baesso e Gonçalves (2003), bem como as propostas por Eaton e Beaucham (1992) e Sede (1995), baseiam-se em análises manuais e exigem muito tempo, habilidades, comprometimento e custos. Nesse sentido, este artigo tem por objetivo apresentar a

metodologia denominada *Road Condition Index (RCI)*, que classifica a qualidade das estradas rurais de acordo com os agravos apresentados, suas intensidades e extensão, além de avaliar sua aplicação em estradas rurais de duas cidades localizadas no oeste do estado do Paraná/Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS: O método *Road Condition Index (RCI)* foi desenvolvido com base nas metodologias de análise do Manual proposto por GRAVEL-PASER, em 1989, para realizar o levantamento de condições de estradas e inspeção visual detalhada, ademais aponta o índice de condições de estradas terrestres e o índice de condições de estradas sem superfície e sistema de gerenciamento de superfícies de estradas. Já a *Road Surface Management System (RSMS)* é uma ferramenta desenvolvida pela *University of New Hampshire* para análise objetiva das estradas. Assim, a metodologia proposta neste estudo contemplará as manifestações patológicas mais recorrentes na literatura internacional.

Primeiramente, classificaram-se as patologias por nível de severidade, identificando as características existentes em cada um dos trechos analisados. A quantidade de defeitos foi levantada utilizando o formulário de análise com os parâmetros de medição do **Erro! Fonte de referência não encontrada.** 1. As severidades foram classificadas em 5 níveis referentes as principais patologias a serem observadas nas estradas rurais não pavimentadas, sendo eles: Excelente, Bom, Regular, Ruim e Péssimo.

Posteriormente, a partir da identificação dos defeitos existentes na seção, foram utilizados os dados coletados e sua caracterização pelo método visual. Na etapa seguinte, foi calculado Índice de Condição da Estrada (*RCI*) pela Equação 1, fornecida pelo método *RSMS* (UNIVERSITY OF NEW HAMPSHIRE, 2002), levando-se em consideração o peso característico da patologia (P_c), o peso relativo da manifestação patológica (P_r) e o fator de extensão (F_e).

$$RCI = 100 - \sum_{i=1}^n P_c * P_r * F_e \quad (1)$$

Quadro 1 - Caracterização das patologias em níveis de severidade

Características	Classificação				
	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Seção transversal	Abaulada.	Pouco abaulada em menos de 10% do trecho.	Pouco abaulada entre 10 e 25% do trecho.	Pouco ou nenhum abaulamento em mais de 25% do trecho.	Sem seção transversal bem definida.
Drenagem	Excelente, não há nenhum acúmulo de água.	Há alguns acúmulos de água, porém quase insignificantes (<10% da área).	Valetas presentes em mais de 75% da pista e algumas necessidades de limpeza de lateral.	Valetas adequadas em menos de 75% da pista, partes das valetas podem estar preenchidas com mato/vegetação e/ou apresentar erosões e/ou com entulho.	Canais de drenagem inexistentes.
Espessura de Cascalho	Adequada, bem distribuída em toda a seção.	Adequada, bem distribuída, porém pequenas falhas.	Adequada na maioria do trecho, mas há necessidade de adição de agregados, em poucas localidades, para corrigir ondulações ou buracos (<10%).	Algumas áreas com pouco, ou sem, agregado entre 10 e 25% do trecho.	Áreas sem agregado superiores a 25%.

Características	Classificação				
	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Corrugações	Nenhuma.	Ondulações leves.	Profundidade até 5 cm.	Profundidade entre 5 e 10 cm.	Profundidades severas >10 cm.
Trilha de rodas	Nenhuma.	Leve, com marcas de tráfego.	Menor que 5 cm de profundidade.	Moderada, de 5 a 10 cm de profundidade.	Severas >10 cm de profundidade.
Buracos	Nenhum.	Alguns indícios, porém, não atrapalham a trafegabilidade.	Profundidade de até 5cm.	Profundidade de 5 cm a 10 cm.	Profundidade maior que 10 cm.
Agregado Solto	Nenhum.	Moderado <5cm.	Utilização inadequada de materiais.	De 5 cm a 10 cm.	Severo - acima de 10 cm.
Poeira	Controlada, superfície seca.	Controlada, superfície úmida.	Moderada, obstrução parcial da visibilidade.	Visibilidade comprometida.	Totalmente sem visibilidade.

Fonte: Os autores (2020).

Os pesos relativos as patologias (P_r) de acordo com sua caracterização da severidade foram definidos variando de 0 a 1, segundo a incidência das patologias, resultando em cinco valores 0, 0,25, 0,5, 0,75 e 1,0, para as condições Excelente, Bom, Regular, Ruim e Péssimo, respectivamente.

Algumas patologias são tidas como fundamentais de serem analisadas, uma vez que a sua ocorrência pode ocasionar o aparecimento de outras. Dessa forma, a avaliação aqui desenvolvida classifica a condição da estrada considerando a drenagem, a seção transversal e a adequação da espessura do cascalho como patologias prioritárias. Outras medidas de perigo, como corrugações, poeira, trilha de rodas e buracos também são consideradas, no entanto, elas são indicadores secundários das condições da estrada, sendo, portanto, atribuindo-as um peso menor. Os pesos relativos para quantificar essas patologias são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Peso relativo para as patologias.

Patologia	Peso Relativo (%)
Seção transversal	15
Drenagem Inadequada	15
Espessura de Cascalho	15
Ondulações	10
Trilha de rodas	10
Buracos	15
Agregado Solto	10
Poeira	10
TOTAL	100

Fonte: Os autores (2020), adaptado de UNIVERSITY OF NEW HAMPSHIRE (2002).

Certos trechos da estrada podem apresentar uma característica ou condição diferente da média do percurso geral. Isso pode ocorrer devido a variações de materiais, características de construção, características do subleito ou carga de tráfego, portanto, os fatores de extensão são usados para levar em conta o efeito de várias condições do pavimento. As extensões tidas como escassas, moderadas e extensas, respectivamente, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Fator de extensão para ocorrências de patologias

Classificação	Extensão de ocorrência ao longo do trecho avaliado (%)	Fator de Extensão (%)
Escasso	< 10	20
Moderado	10 – 25	50
Extenso	> 25	100

Fonte: Os autores (2020), adaptado de UNIVERSITY OF NEW HAMPSHIRE (2002).

A classificação final da estrada foi determinada pela medição de seus defeitos de superfície, baseando-se em valores dedutíveis, em uma escala de 0 (zero) a 100 (cem), na qual a escala 100 (cem) significa que os defeitos observados não têm impacto na condição da rodovia e a escala 0 (zero) significa que a rodovia está completamente comprometida, com os defeitos identificados. Classificou-se como: Excelente os trechos que apresentaram índice entre os valores de 100 e 81, Bom (80 e 61), Regular (60 a 41), Ruim (40 a 21) e Péssimo (20 a 0).

As coletas de dados foram realizadas em 320,2 km de estradas rurais do município de Toledo-PR e 186,9 km de estradas rurais no município de Ouro Verde do Oeste-PR, entre junho e setembro de 2020, no período entre às 10 e 14 horas, por se tratar do período do dia no qual o sol se encontra mais próximo ao zênite, proporcionando boa iluminação para avaliar as patologias e promovendo a sua melhor visualização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Optou-se por apresentar os valores de classificação de cada patologia observada para que se possa ter uma caracterização dos principais problemas identificados nas estradas. Os resultados obtidos para as estradas do município de Toledo-PR são apresentados na Tabela 3, sendo evidente que a maioria das estradas possuem uma seção transversal adequada, com seu greide abaulado, fazendo com que a água proveniente das precipitações não se acumule em seu leito. Tal fato pode ser resultado dos programas de recuperação de estradas rurais presentes no Paraná.

Tabela 3 - Quantidade de trechos com patologias e porcentagem relativa (Toledo-PR).

Classificação	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo	Total
Seção transversal adequada	115 (64%)	22 (12%)	8 (5%)	29 (16%)	6 (3%)	180
Drenagem lateral adequada	42 (23%)	16 (9%)	2 (1%)	10 (6%)	110 (61%)	180
Espessura de Cascalho	83 (46%)	64 (35%)	1 (1%)	7 (4%)	25 (14%)	180
Trilha de rodas	102 (57%)	35 (19%)	37 (20%)	5 (3%)	1 (1%)	180
Poeira	71 (39%)	0 (0%)	109 (61%)	0 (0%)	0 (0%)	180
Buracos	36 (20%)	56 (31%)	70 (39%)	14 (8%)	4 (2%)	180
Corrugações	144 (80%)	19 (10%)	15 (8%)	1 (1%)	1 (1%)	180
Perda de Agregados	93 (51%)	79 (44%)	7 (4%)	1 (1%)	0 (0%)	180

Fonte: Os Autores, (2020).

Similarmente, realizou-se a análise das estradas rurais do município de Ouro Verde do Oeste, totalizando 186,9 km analisados. A caracterização geral resumida dos trechos pode ser visualizada na Tabela 4, de acordo com a classificação dos segmentos e suas manifestações patológicas observadas. Observa-se uma deficiência dos sistemas de drenagem e espessura de cascalho em grande parte das seções, bem como a existência significativa de buracos, fatores esses que influenciaram na qualidade geral das estradas.

Tabela 4 - Quantidade de trechos com patologias e porcentagem relativa (Ouro Verde do Oeste-PR).

Classificação	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo	Total
Seção Transversal Adequada	34 (33%)	29 (28%)	17 (16%)	21 (20%)	3 (3%)	104
Drenagem lateral adequada	6 (6%)	5 (5%)	2 (2%)	9 (8%)	82 (79%)	104
Espessura de Cascalho	17 (16%)	4 (4%)	0 (0%)	1 (1%)	82 (79%)	104
Trilha de rodas	58 (56%)	17 (16%)	27 (26%)	1 (1%)	1 (1%)	104
Poeira	64 (61%)	8 (8%)	32 (31%)	0 (0%)	0 (0%)	104
Buracos	6 (6%)	20 (19%)	36 (35%)	39 (37%)	3 (3%)	104
Corrugações	77 (74%)	17 (16%)	9 (9%)	1 (1%)	0 (0%)	104
Perda de Agregados	24 (23%)	1 (1%)	79 (76%)	0 (0%)	0 (0%)	104

Fonte: Os Autores, (2020).

Dentre as outras características analisadas, observa-se que grande parte das estradas não possuem um sistema de drenagem bem definido. Pelas características do solo (argiloso), quase não há formação de trilhas de rodas, ademais, a poeira se mostrou presente, mas não interferindo na visibilidade. Contudo, há a formação de buracos, mas esses ainda não possuem grandes dimensões. As corrugações, apesar se existirem em alguns trechos, não estão presentes na maioria das seções avaliadas e quase não há perda de agregados.

Com o intuito de mapear e espacializar a qualidade dos trechos, utilizou-se o *software* QGIS, que é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto, licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. Com este resultado, é possível fornecer uma ferramenta de apoio aos gestores para planejamento de manutenção das estradas rurais no município identificadas por trechos de pior qualidade. Na Figura 1 é apresentado o mapa elaborado para o município de Toledo-PR, sendo representado em sistema de cores a classificação das estradas avaliadas.

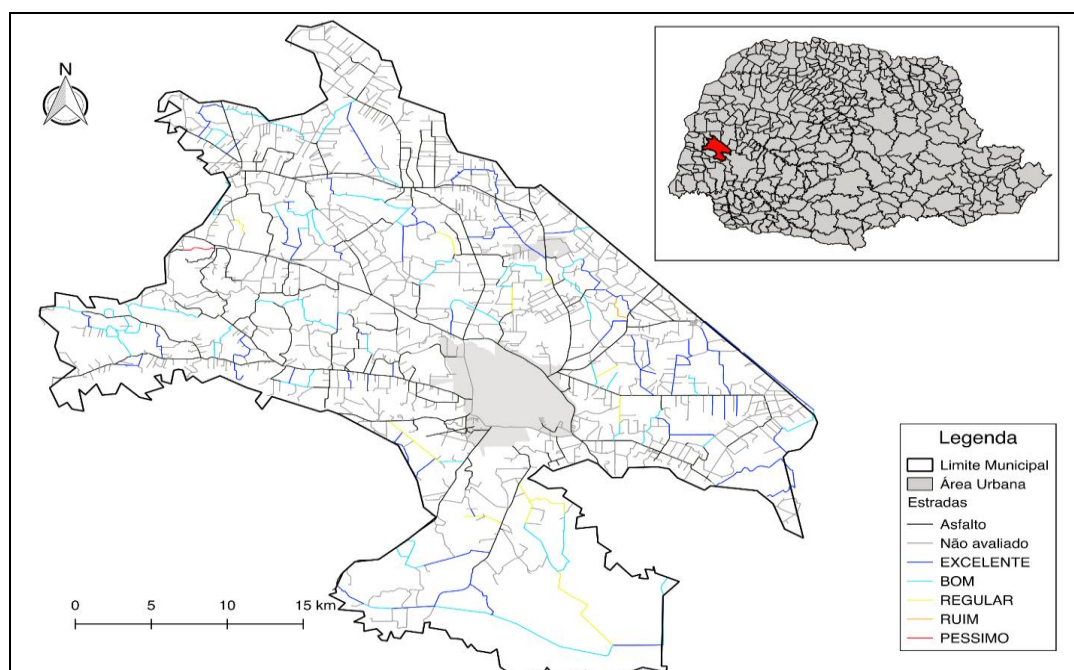


Figura 1 - Espacialização dos resultados para o município de Toledo-PR.

Os resultados espaciais para o Município de Ouro Verde do Oeste-PR são apresentados na Figura 2, observando-se que, na região mais a nordeste, os trechos apresentam uma qualidade melhor, sendo ali concentrados segmentos caracterizados como excelentes, enquanto mais ao

noroeste caracterizam-se segmentos com qualidade inferior, Ruim ou Regular, enquanto ao sul a classificação é diversificada.

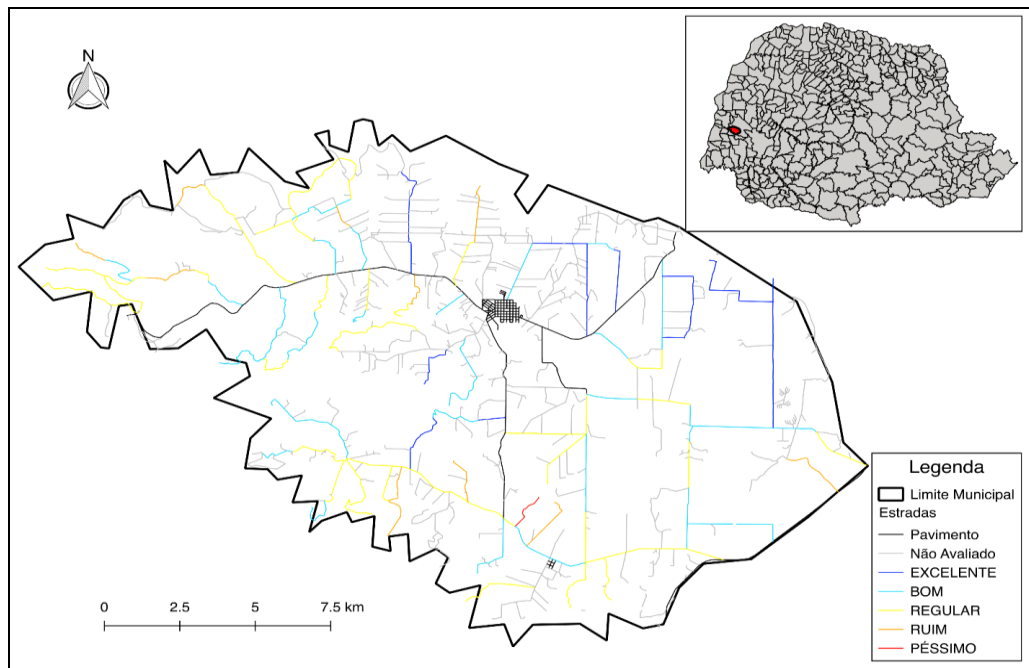


Figura 2 - Espacialização dos resultados do município de Ouro Verde do Oeste-PR.

A Figura 3 apresenta os dados obtidos para os Índices de Condição das estradas (*RCI*) analisadas e como estes se distribuem no município, estando evidente a concentração de dados nos intervalos de 60 a 100 no município de Toledo-PR, caracterizando estas estradas como Boas e Excelentes, enquanto no município de Ouro Verde do Oeste-PR no intervalo de 40 a 80, caracterizando estas como Regulares e Boas.

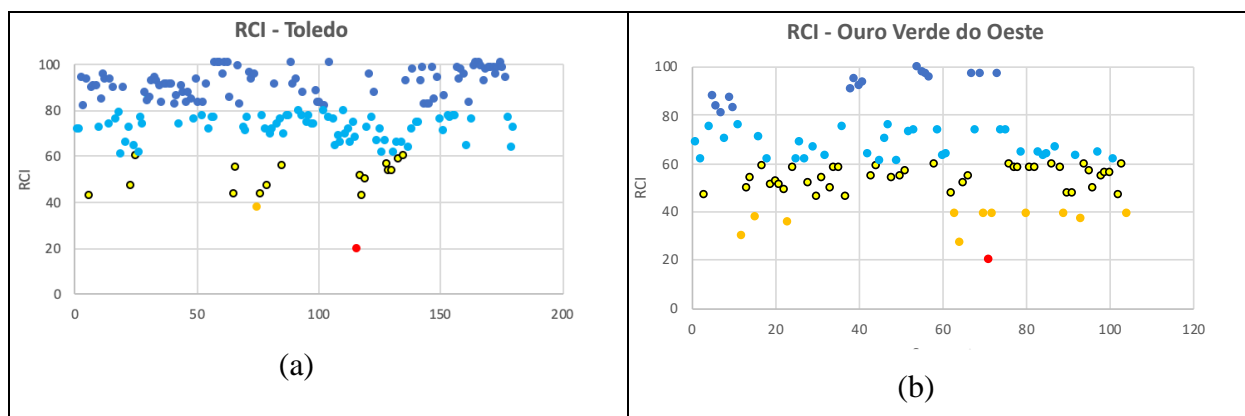


FIGURA 3 - Dispersão dos *RCI* das cidades de Toledo (a) e Ouro Verde do Oeste (b).

CONCLUSÕES: A metodologia aplicada *Road Condition Index (RCI)* se mostrou eficiente, possuindo uma rápida aplicação e podendo ser executada de forma simplificada, resultando no diagnóstico da condição das estradas rurais. A espacialização dos dados obtidos contribuiu para que se fosse possível visualizar a concentração dos segmentos de pior qualidade, podendo servir como ferramenta de apoio a gestão pública e privada, aprimorando o planejamento, uma vez que possa programar manutenções regulares, aumentando a vida útil dessas vias. Desta forma, espera-se contribuir com o desenvolvimento regional da região

objeto de estudo, fornecendo esta metodologia de análise, reduzindo-se custos operacionais, tempo de aplicação e contribuindo para o desenvolvimento econômico dos municípios, a fim de reduzir perdas na produção, aumentar a competitividade dos produtos e melhorar a qualidade de vida das pessoas que dependem de tais estruturas por meio de melhorias na mobilidade no conforto dos usuários.

AGRADECIMENTOS: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e CNPq. Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio da Universidade Estadual do Oeste do Paraná-Brasil-UNIOESTE e ao Laboratório de Estatística Espacial (LEE-UNIOESTE).

REFERÊNCIAS:

TUNDE A.M.; ADENIYI, E.E. Impact of Road Transport on Agricultural Development: **Ethiopian journal of Environmental Studies and Management**, v.5, n.3, p. 232-238, 2012.

AYELE, H. N. Road Sector Development and Socio-Economic Growth in Wonbera Woreda, Benschangul Gumuz, Ethiopia. **Global Journal of Management and Business Research: B Economics and Commerce**, v. 17, n.4, p. 1-13, 2017.

BAESSO, D. P.; GONCALVES, F. L. R. **Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção**. Florianópolis: DER, 2003.

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001-2004. 532 p.

CEPEA/CNA, 2019. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>> Acesso: 15 out. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES (CNT). **Pesquisa CNT de rodovias 2016: relatório gerencial**. – 20. ed. – Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2016.

EATON, R. A.; BEAUCHAM, R.E. **Unsurfaced Road Maintenance Management**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a262015.pdf>.

PONTES, H.L. J; DO CARMO, B. B. T; A. PORTO, A. J. V. Problemas logísticos na exportação brasileira da soja em grão. **Sistemas & Gestão**, Niterói, v. 4, n. 2, p. 155-181, 2009.

ROSA, A. C. **Gestão do Transporte na Logística de Distribuição Física: uma análise da minimização do custo operacional**. Dissertação Mestrado. Mestrado em Gestão em Desenvolvimento Regional. Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, 2007.

UNIVERSITY OF NEW HAMPSHIRE. Technology Transfer Center, T2. **Road Surface Management System – RSMS**, Workshop Notebook and Reference. Durban, NH, EUA, Maio 2001. In: PWMS Distribution – RSMS01 and SIMS02, 2002.

WALKER, D. Gravel-PASER Manual – **Pavement Surface Evaluation and Rating**. The Transportation Information System, College of Engineering, University of Wisconsin, Madison, 1989.

ODA, S.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. F.; SÓRIA, M. H. A. Caracterização de estradas não-pavimentadas visando a implementação de um sistema de gerência de vias. **Engenharia e Arquitetura**. São Carlos, SP, v. 01, n. 2, p.135-145. 2001.

FRANCO, K. L. K.; TAKEMOTO, V. S.; ARAGÃO, S. F Patologias em Estradas Não-Pavimentadas Tipo “A” E “B” E Tecnologias de Intervenção. Unitoledo. Araçatuba. 2017.

OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development. Assessment of Road Surface Roughness (Evenness). Anex B. Road Transport Research Programe, Monitoring Manual for Road Maintenance Management in Developing Countries, p.97-102, 1988.

ROBERTS, P.; ROBINSON, R. Need to set priorities for road maintenance in developing countries. **Transportation Research Record**, Thousand Oaks, v. 898, n. 1, p. 347–354. 1983.