CAMINOS RURALES
UMA PUERTA AL DESARROLLO Y LA CONECTIVIDAD TERRITORIAL
CASO BRASIL

Autor: Buhler, Aislan Vieira – director en L+B Engenharia Rodoviária, Passo Fundo, Brasil
lmaisbeng@gmail.com
Coautor: Bettega, Eduardo – director em B Infra, Curitiba, Brasil – e.bettega@binfra.com.br
Coautor: Berté, Willian Kéviny Souza – director em B Infra, Curitiba, Brasil – w.berte@binfra.com.br

Este trabajo es una recopilación del trabajo desarrollado por Aislan Vieira Buhler patrocinado por CAF bajo la Gerencia de la Vicepresidencia Corporativa de Programación Estratégica, Gestión de Infraestructura Física y Transformación Digital y sus Ingenieros Mónica López y Yerko Eterovic.

1. RESUMEN

En este trabajo se muestra la complejidad y diversidad de los caminos rurales en Brasil. Este trabajo busca abordar, en profundidad y detalle, las mejores prácticas, estrategias y tecnologías aplicadas en la pavimentación y mantenimiento de estas vías esenciales para el desarrollo socioeconómico de Brasil.
Cada capítulo abordará un tema específico, discutiendo los desafíos climáticos y las soluciones de pavimentación utilizadas para superar estos obstáculos. Compartiremos casos, limitaciones, experiencias y lecciones aprendidas de la realidad de Brasil.

2. PRESENTACIÓN DEL ESCENARIO Y POLÍTICA DE MANTENIMIENTO EN BRASIL

Brasil es un país continental, con más de 8,5 millones de km^2 de superficie y el quinto en el mundo en área demográfica. La población estimada es de aproximadamente 200 millones de habitantes, con mayor concentración urbana cerca de los grandes centros urbanos (76%). Por otro lado, la mayoría de los municipios brasileños, aproximadamente el 60%, son predominantemente rurales y concentran sólo el 17% de la población (1). Cuanto más lejos de las regiones más desarrolladas del país, menor es la densidad de la red vial, así como la concentración de personas, lo que dificulta la accesibilidad. Por ejemplo, la región Norte tiene el 65% de los municipios rurales y el Nordeste, el 68,9%.

Uno de los principales factores del desequilibrio poblacional entre la ciudad y el campo, que se refleja en graves problemas socioeconómicos, y en el creciente éxodo rural, es la reducida oferta de vías pavimentadas al evaluar todo el territorio nacional. Si bien este criterio de densidad de la red vial no es uniforme en todo el país, representa una medida adecuada para comparar las condiciones de la infraestructura. La red brasileña es muy pequeña, especialmente cuando se la compara con países de similar extensión territorial, como China, Estados Unidos, Rusia y Canadá, pero la fragilidad es aún más evidente en relación con países latinoamericanos, como Uruguay, Argentina y Ecuador. (2) Figura 1.

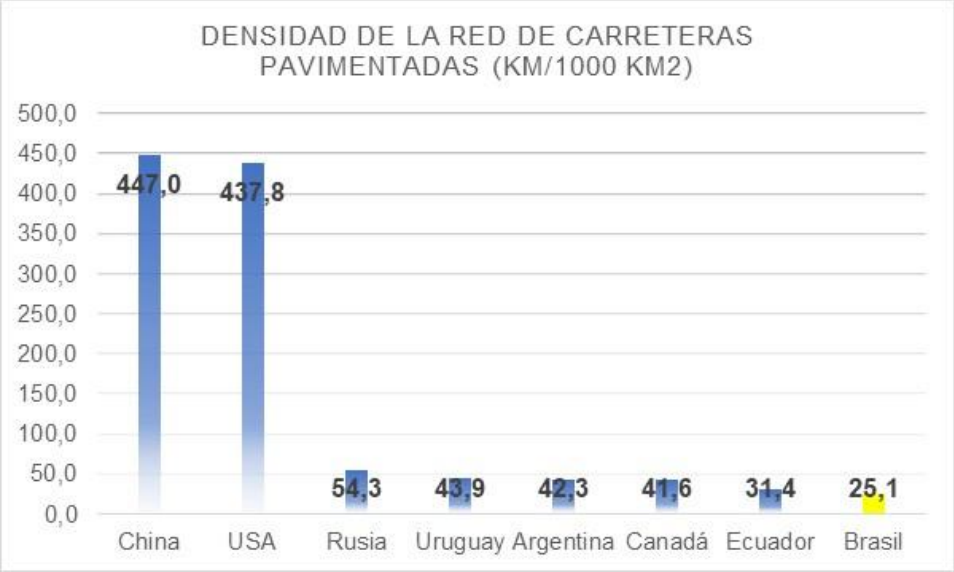


Figura 1 - Densidad de la malla de caminos pavimentadas - fuente: Pesquisa CNT 2022 (2).

El indicador de densidad vial muestra que Brasil tiene una red pobremente pavimentada, tanto en relación a su área total como en relación a otros países. Conociendo la heterogeneidad del país y la baja disponibilidad de modos de transporte, se evidencia que la red nacional es precaria y compuesta

principalmente por caminos rurales sin asfaltar. Esta falta de disponibilidad de caminos y sus malas condiciones de conservación generan retrasos en el desarrollo y altos costos para un país continental que tiene más del 25% de su generación de ingresos concentrados en el flujo y exportación de cereales.

Investigaciones realizadas anualmente en Brasil por la Confederación Nacional de Transportes - CNT (2), con datos de 2022, muestran que Brasil tiene un total de 1.720.909 km de carreteras, de los cuales solo el 12% están pavimentados. Esto significaría que 1.507.409 km de vías se encuentran sin asfaltar. Este 88% de los caminos rurales no son elegibles para grandes inversiones y mantenimiento para su conservación, acciones fundamentales para garantizar las condiciones mínimas de acceso a escuelas, hospitales y ciudades.

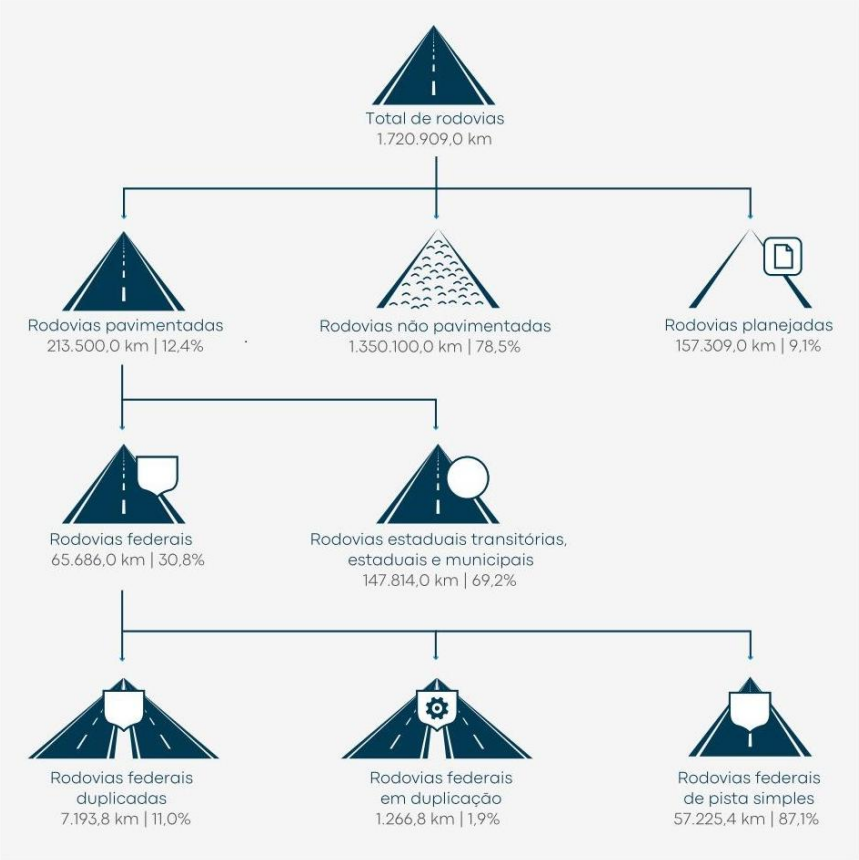


Figura 2 - Composición de la malla brasileña - fuente: Pesquisa CNT 2022(2).

Para el correcto mantenimiento de estos 88% de caminos no pavimentados, se deben crear políticas nacionales de mantenimiento y conservación, teniendo en cuenta que la gran mayoría de estos caminos rurales y forestales son la base del desarrollo socioeconómico de Brasil. Claramente, el país necesita administrar adecuadamente sus caminos rurales.

Por otro lado, más importante que pavimentar los caminos es mantenerlos en buen estado, ya que la inversión para la implementación de pavimentaciones asfálticas y su correcta conservación es elevada, más aun tratándose de una red de vías no pavimentadas.

La red no pavimentada administrada por el Ministerio de Infraestructura representa solo 10.400 km (3) y se encuentra en precarias condiciones. Las acciones federales son planeadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA), encargado de gestionar las políticas públicas para incentivar la agroindustria, un sector muy impactado tanto por las condiciones de acceso a la salud y educación, como por la dificultad para comercializar sus productos. Este hecho acentúa un gran problema social, ya que la población rural migra a las ciudades, pero sin preparación para ocupar puestos de trabajo. Por lo tanto, es crucial mejorar las condiciones de vida en el campo

Actualmente, Brasil tiene la quinta mayor superficie agrícola, superado por India, Estados Unidos, China y Rusia. Sin embargo, Brasil es visto como el gran granero mundial. Produce en menos del 8% del territorio y alimenta aproximadamente al 10% de la población mundial, con énfasis en soja, carne, café, maíz, algodón, caña de azúcar y naranja. Según datos de Embrapa (4), es el país con mayor potencial de crecimiento en área agrícola. Asociado a este crecimiento, es muy importante que los caminos rurales también reciban inversiones y que las acciones que se realicen en ellos sean duraderas. La Figura 3 ilustra el mencionado crecimiento.

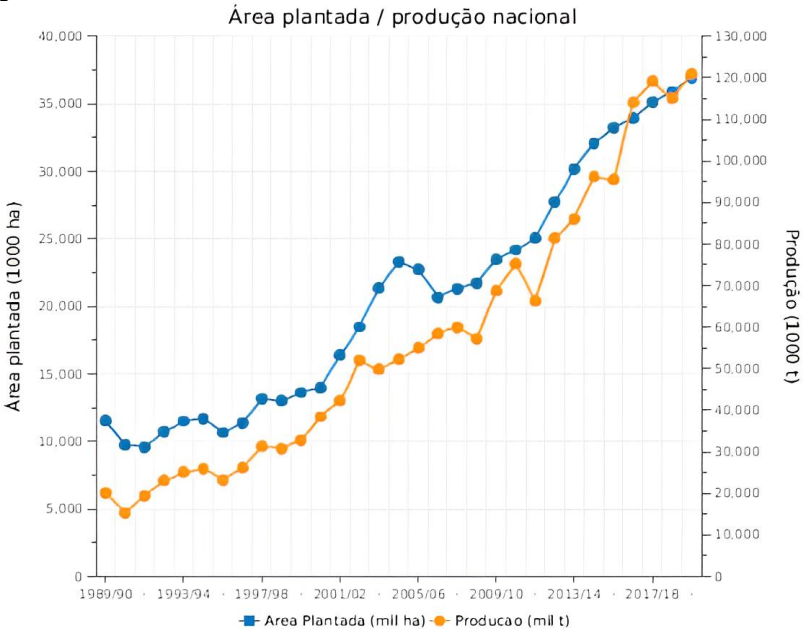


Figura 3 - Visión Nacional de la Soya - Fuente: Conab (5).

Esta serie histórica representa la superficie sembrada y la producción de soja a lo largo del tiempo. Desde la cosecha de 2000, la superficie sembrada ha aumentado un 193%, mientras que la producción de cereales ha crecido un 323%. Con estos datos de la Empresa Nacional de Abastecimiento (CONAB), es evidente que Brasil es un país con vocación agrícola y que para el transporte de esa producción debemos aplicar las mejores técnicas de mantenimiento y conservación de nuestros caminos rurales.

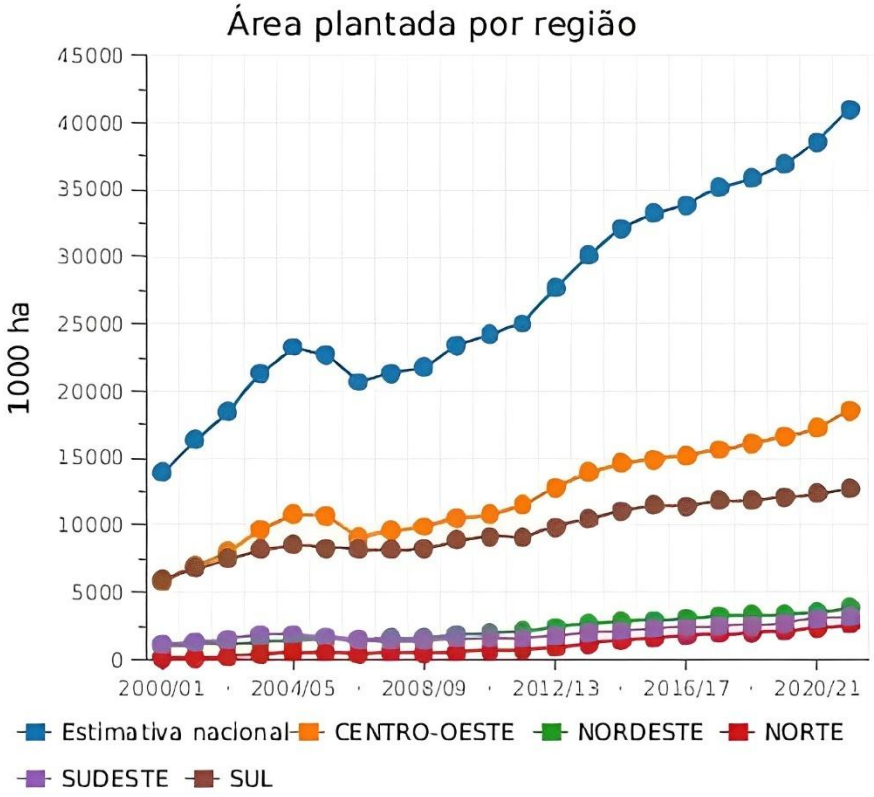


Figura 4 - Visión Regional de la Soya - Fuente: Conab (5).

Este análisis complementario muestra el crecimiento de las áreas cultivables por región, siendo los principales vectores de crecimiento el Centro, Sur y Norte del país, que requieren inversión y especial cuidado, tanto en la pequeña extensión de caminos pavimentados como en la necesidad de planificación y mantenimiento de caminos rurales. Teniendo en cuenta que este aumento de áreas conlleva un aumento en el volumen de tránsito de camiones grandes y personas, la seguridad y la accesibilidad cobran importancia para reducir los tiempos y distancias de viaje.

Por lo tanto, estados y municipios, estos últimos responsables de la mayor red de caminos rurales, adoptan individualmente sus propias estrategias de mantenimiento y conservación, que generalmente carecen de planificación y continuidad. La mayoría de ellas son actuaciones puntuales e ineficaces, que año tras año reflejan la dificultad de acceso a las ciudades, aumentando los costos socioeconómicos y las distancias y provocando pérdidas en los ámbitos de la salud, la educación, los gastos de alimentación y el mantenimiento de los vehículos y, por tanto, en el mantenimiento de las carreteras.

Una forma de reducir este impacto es la adopción de políticas de mantenimiento para la conservación de los caminos rurales.

2.1 POLÍTICAS Y LEGISLACIÓN

Las leyes y sus resoluciones son lineamientos que sustentan las políticas públicas, ya sea a nivel federal, estatal o municipal. Actualmente, la composición de la red vial nacional es predominantemente rural y no pavimentada, administrada en su mayoría por los municipios, en menor medida por los estados y sólo un 1%, aproximadamente, por el ámbito federal. En la práctica, no existe una norma

específica -una directriz nacional- que ordene y oriente la gestión de estos caminos rurales. Cada municipio adopta sus propias definiciones, en algunos casos alineadas con las leyes provinciales y nacionales (5). Esta necesidad de políticas de mantenimiento para cada una de estas 27 unidades federativas es latente, pues existen 5,568 municipios con diferentes características y necesidades. Cada uno de ellos trabaja por separado, con diferentes políticas, leyes y procedimientos municipales. Sin embargo, existen algunas buenas prácticas, experiencias locales, manuales y especificaciones técnicas disponibles.

La mayoría de las acciones realizadas por los municipios están dirigidas a programas de mantenimiento de caminos pavimentados que sirven de conexión entre ciudades, conexiones con las principales carreteras, acciones de implementación, restauración e incluso señalización. En otras palabras, estos programas abarcan las principales vías de acceso de los municipios.

Hay varios programas en todo el país, con diferentes nomenclaturas. Entre ellos, el “Programa Estrada Legal” (6) en Bragança Paulista (SP), por ejemplo, y el “Programa Melhor Caminho”, del Departamento de Agricultura y Abastecimiento del Estado de São Paulo, establecido en 1997 para la preparación de convenios entre la Secretaría y las ciudades (7), entre otras acciones específicas realizadas para el control de la erosión, el desarrollo de la agricultura familiar y la reducción de la accidentalidad en los caminos rurales. Si bien estas acciones de los estados son meritorias, faltan reglas que garanticen la continuidad y planificación de las iniciativas a lo largo de los gobiernos.

Un camino interesante es la creación de Leyes Municipales que busquen garantizar la sistematización de las acciones de conservación en los caminos rurales. Entre esas experiencias, se puede mencionar el municipio de Lages, en la provincia de Santa Catarina. El municipio tiene planificado un programa de Gestión de Caminos Rurales, que abarca las más diversas disciplinas, a través de la Secretaría Municipal de Agricultura y Pesca. Así, desarrolló una política pública estructurada para llevar a cabo esta gestión, sustentada en pilares sólidos, tal como lo describen Savian et al. (8), incluyendo la creación de Leyes Municipales (9) y (10) que definieron los beneficios de la infraestructura activa. Así, a través de este sistema, el municipio priorizó la satisfacción de las necesidades de la población, atendiendo las demandas técnicas y sociales para el mantenimiento de los caminos rurales, teniendo en cuenta la creación de la normalización, la participación de la población para definir las prioridades sociales, los procedimientos técnicos para mantenimiento de vías, su registro en la base de datos y criterios de priorización.

3. LA REALIDAD DE LOS CAMINOS RURALES EN BRASIL

Los caminos rurales se originaron esencialmente a partir de antiguos caminos y caminos originalmente construidos, los cuales sufrieron mejoras debido a la evolución de las comunidades y, fundamentalmente, al desarrollo. Baesso y Gonçalves (11) clasifican los caminos rurales según diferentes criterios:

a. Según su administración:
– Federales;
– Estaduales;
– Municipales;
– Privadas.

b. Según su función:
– Vías arteriales: la función principal es promover la fluidez;
– Caminos colectores: caminos que combinan funciones de flujo y acceso;
– Caminos vecinales: caminos cuya función principal es permitir el acceso.

c. Según sus características físicas:
– Pavimentado;
– Sin asfaltar;
– Carriles simples o dobles.

d. Según su norma técnica:
Se determinan a partir de parámetros tales como pendiente máxima, inclinación, radio de curvatura, anchos de carril, existencia o no de arcenes, revestimientos, entre otros.

En el caso particular de los caminos rurales, objeto de esta guía, se deben definir las clases de caminos y sus usos, a fin de asumir una clasificación estándar con sus respectivos anchos de carril, arcenes, velocidad y superficie, que son fundamentales para la planificación de medidas de conservación vial e inversiones.

Según el tipo de superficie de rodadura:

-Categoría A: la superficie de rodadura está compuesta por agregados naturales y de yacimientos (gravas);
-Categoría B - La superficie de rodadura está compuesta de materiales triturados;
-Categoría C - La superficie de rodadura se compone de suelos naturalmente estabilizados (arcillosos);
-Categoría D - La superficie de rodadura está compuesta por suelos naturales de su propio lecho.

En general, los caminos rurales se construyeron de manera intuitiva, evitando grandes costos de implementación, sin ningún estudio de planificación o ingeniería. Es decir, no se conocía la ocurrencia de suelos expansivos, blandos o erosivos. Con el paso del tiempo y la evolución del tránsito, estas vías fueron siendo más utilizadas, dando lugar a vías clasificadas en las categorías mencionadas anteriormente. Normalmente, esto eleva los costos de mantenimiento y conservación, sobre todo por sus precarias condiciones.

La asociación del aumento del volumen de tránsito (muy frecuente por el desarrollo agrícola), la dificultad para drenar el agua en épocas de lluvia y la capacidad de soporte de la estructura (capa de rodadura) son factores fundamentales para el deterioro de los caminos y la alta inversión para su mantenimiento. La Figura 5 muestra un camino rural en buen estado donde la falta de drenaje superficial provoca la formación de zonas de falla en la estructura en el borde debido a la saturación de capas y la aparición de agujeros.



Figura 5 - Camino rural em el estado de Santa Catarina - Fuente: Buhler (12).

Además, en otras condiciones de suelo, más expansivas, el camino sin ningún tipo de drenaje favorece la ocurrencia de deformaciones en presencia de agua (Figura 6). Para mitigar estas ocurrencias de manera económica, se deben realizar inversiones en drenaje y en una plataforma elevada de terraplén. En caso contrario, se deben implementar acciones de estabilización granulométrica, uso de geomallas, estabilización (cal o cemento) o incluso su remoción y reposición, todas estas soluciones de alto costo.



Figura 6 – Camino rural con suelo expansivo. Fuente: Buhler (12).

La Figura 6 ilustra la ocurrencia de baja capacidad de carga provocada por la presencia de agua y saturación del suelo.

El comportamiento de la estructura vial no pavimentada depende de la combinación de las características del tráfico, la acción del agua, el drenaje adecuado (sistemas de drenaje) y las características de la plataforma (terraplén). Por tanto, su vida útil está determinada por la aparición de defectos hasta un cierto nivel de deterioro aceptable en términos de rodamiento y seguridad.

Evidentemente, estos supuestos no se cumplen en la mayoría de las situaciones del país, y el mal mantenimiento de los caminos rurales es un factor importante en el empobrecimiento de las comunidades, la migración a las zonas urbanas, la pérdida de competitividad del sector agropecuario y la precaria disponibilidad de acceso a la educación y salud.

Algunas acciones menos costosas deben tomarse en el tiempo para preservar los caminos rurales, evitando que se vuelvan intransitables e inseguros, lo que implica costos de restauración altísimos. Desde un punto de vista económico, estas acciones en el tiempo permiten el mantenimiento del activo (carretera) a un bajo costo.

Por lo tanto, es necesario conocer las manifestaciones patológicas para comprender las acciones correctivas y de mantenimiento, considerando siempre la necesidad de hacer más efectivas las soluciones. Por otro lado, para vías de mayor tránsito es necesario implementar estructuras de

pavimentación más robustas. Por lo tanto, se debe evaluar la pavimentación asfáltica o el revestimiento primario.

4. EXPERIENCIAS

La mayoría de los caminos rurales se gestionan con recursos municipales, que por lo general son muy limitados. En este capítulo se describen algunas alternativas interesantes como soluciones que pueden ser adaptadas y replicadas por los municipios.

4.1 REVESTIMIENTO PRIMARIO CON GRAVA

La municipalidad de Assis Chateaubriand, en el oeste de Paraná, municipio de aproximadamente 34.000 habitantes y con mucha actividad agrícola, adoptó técnicas para mejorar la plataforma de los caminos con correcciones de peralte y regularización de la capa, y a continuación revestimiento primario con piedra partida. Esta solución para mejorar las condiciones de tránsito en sus caminos rurales les permite una buena circulación, tanto en invierno como en verano.



Figura 7 – Revestimiento primario con gravas, año 2021 – Fuente: Jornal do Oeste (13).

Estos servicios fueron realizados a través de un convenio financiero entre Itaipú Binacional y sus propios recursos. Según informó la administración local, los resultados son satisfactorios y la técnica ya se ha utilizado en aproximadamente 20 km de caminos rurales. Abajo, la imagen de una sección en servicio, con desempeño satisfactorio para la comunidad.



Figura 8 - Revestimiento de piedra partida, año 2021 – Fuente Jornal do Oeste (14).

4.2 PAVIMENTACIÓN CON ENPEDRADO

Algunos municipios con gran disponibilidad de piedra basáltica utilizan esta técnica de pavimentación en caminos rurales como una forma de promover una mejor calidad vial en las principales conexiones entre las ciudades y las comunidades rurales importantes. La siguiente figura muestra dos municipios distintos.



Figura 9 - Revestimiento con piedras irregulares – Fuente: Buhler (12).

Esta técnica consiste en tener una fundación con buena capacidad portante (California Bearing ratio) mayor al 5% y baja expansión (menor al 2%). Sobre la base se aplica una capa de arcilla o arena de 15 a 20 cm de espesor, y sobre ella se colocan manualmente las piedras (de 10 a 20 cm de espesor) de piedra basáltica (de 4 a 8 caras), distribuidas uniformemente, sin desintegración y descomposición. A continuación, se aplica una capa de 3 cm de polvo de piedra para el relleno y posterior compresión con rodillos.

Esta solución, con el tiempo y la acumulación de tráfico, tiende a crear un cierto nivel de incomodidad para el usuario, especialmente si se descuida el drenaje y el mantenimiento. Los municipios buscan, como medida de mantenimiento, su pavimentación con capa asfáltica directamente sobre las piedras (con un espesor de 3 a 5 centímetros). La siguiente figura muestra un caso.



Figura 10 – Restauración sobre piedras – Fuente: Buhler (12).

Esta técnica de restauración de pavimentos de piedra con capas asfálticas tiene varios puntos a discutir, ya que la aplicación directa de un espesor asfáltico de 3 o 4 centímetros suele ser de corta duración, debido al mapeo de irregularidades donde los bloques están sueltos, y en regiones con presencia de agua. Por otro lado, generan mejores condiciones de rodadura y flujo de tráfico. De esta forma, lo ideal es diseñar un pavimento adecuado, con una capa de piedra y luego una capa asfáltica duradera.

La siguiente figura muestra un trabajo de implantación de pavimentos en caminos rurales y la construcción de dispositivos de drenaje.



Figura 11 – Implementación de caminhos rurales – Fuente: Ing. Cristian Ticiani.

Además, en los caminos rurales se deben insertar señales y reductores de velocidad para que no ocurran accidentes vehiculares y peatonales, ya que la tendencia es que los conductores circulen a mayor velocidad. Deben proporcionarse banquinas (arcenes) para que la comunidad transite con seguridad e implementar sistemas de drenaje adecuados. De lo contrario, esta acción de pavimentación tendrá una baja durabilidad y será un generador de problemas.



Figura 12 – Carpeta de asfalto sobre piedras – Fuente: Buhler (12).

La Figura 12 muestra los primeros problemas en la pavimentación de un camino rural donde se aplicó una capa de asfalto directamente sobre las piedras. Estos problemas se generaron por la falta de cuidado en la aplicación de la mezcla asfáltica. La vía puede volverse más segura con la implementación de banquinas (arcenes), facilitando el tránsito de personas, y con refuerzo de señalización para mejorar la visibilidad.

4.3 SUELOS TROPICALES

Los suelos típicos de las regiones tropicales están directamente asociados con el concepto de pavimentos de bajo costo en Brasil. Mucho se debe a los esfuerzos y experiencias de varios años de estudios, investigaciones y tramos experimentales originados en el estado de São Paulo, y por sus técnicos. En este proceso, destacamos la creación de metodologías propias para clasificar y reconocer estos materiales y su buen comportamiento estructural como base y sub-base de pavimentos de bajo tránsito.

Nogami y Villibor (15) definen los suelos tropicales como aquellos que presentan un comportamiento y peculiaridades resultantes de la realización de procesos geológicos y/o pedológicos propios de las regiones tropicales húmedas. Así, para que un suelo sea considerado tropical, no basta que se haya formado en regiones de clima tropical húmedo. Debe presentar peculiaridades de interés geotécnico, es decir, materiales con alta resistencia y presencia de laterización para uso en pavimentación según la metodología MCT (Miniatura, Compactado, Tropical).

Bernucci (16) enumera las diversas experiencias y desarrollo tecnológico con el uso de suelos tropicales bajo la dirección de portugueses, franceses y británicos en sus antiguas colonias africanas. Investigadores y técnicos de otros países, como Brasil, Estados Unidos, Suiza, Canadá, Sudáfrica, Ghana, Australia, Nigeria, Pakistán, India, México y Perú, entre muchos otros, se han dedicado al estudio de los suelos tropicales y su aplicación para caminos vecinales.

La relevancia del tema y el comportamiento de laterización (cementación) del suelo asociado a sus beneficios definen la continuidad de experiencias y evaluación del dimensionamiento y desempeño de este uso, ya que suman desarrollo a países con climas y suelos tropicales.

Entre los suelos tropicales se encuentran los suelos lateríticos, saprolíticos y transportados (sedimentarios). Los dos primeros son más utilizados en carreteras. Son los suelos lateríticos (cementados) que presentan excelentes condiciones de resistencia, son poco erosivos y de excelente comportamiento a la presencia de agua. Por otro lado, los suelos saprolíticos son muy erosivos, heterogéneos y mecánicamente se comportan muy mal cuando se les somete a la acción del agua. Según Villibor y Alves (17), aproximadamente el 80% de Brasil tiene suelos lateríticos.

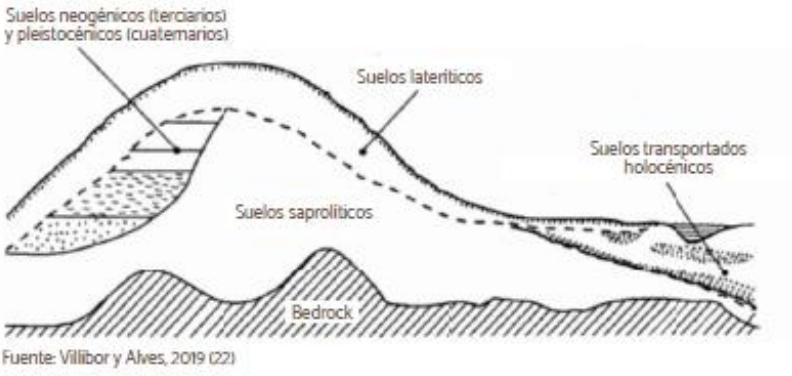


Figura 13 – Diagrama de formación de suelos Tropicales – Fuente Vilibor y Alves (17).

El perfil del camino muestra las ocurrencias más superficiales de suelo lateralizado y el suelo de saprolita debajo, con sus erosiones. En la ejecución de este recorrido se puede observar el uso de suelo laterítico, sin tener en cuenta que es bastante erosivo.



Figura 14 – Ocurrencia de suelo Laterítico – Fuente: Buhler (12).

Villibor y Alves (17) señalan que la aparición de suelos lateríticos (del latín: color ladrillo) resulta del proceso de cementación de partes bien drenadas en regiones tropicales húmedas. Son suelos maduros y presentan algunas peculiaridades, como el enriquecimiento de la parte fina principalmente la arcillosa, por óxidos e hidróxidos de hierro y/o aluminio y caolinitas. Estas placas de caolinita están cementadas por óxidos e hidróxidos que producen una microestructura similar a granos de maíz expandido. Su porción arenosa está constituida por cuarzo, y el porcentaje de esta fracción es responsable de la aparición de suelos que van desde arenosos hasta arcillosos.

Los suelos saprolíticos (sapro, del griego: podrido) resultan de la descomposición de la roca matriz, manteniendo su estructura. Subyacen a la capa superior del suelo. Poseen mineralogía compleja y heterogénea, por lo tanto, suelos jóvenes de uso más limitado.

En Brasil, los suelos tropicales, especialmente los lateríticos, comenzaron a ser utilizados en gran escala alrededor de 1956 y 1960, durante la administración del gobernador Jânio Quadros en el estado

de São Paulo. Durante este período, el suelo laterítico se mezcló con grava y arcilla, dando lugar a una mezcla de bajo costo llamada popularmente “virado a São Paulo”. Esta mezcla ya mostraba buenos resultados estructurales a pesar de ir en contra de los principios de la estabilización tradicional (HRB y USCS) y no contar con normas ni estudios técnicos en ese momento. Recién en 1978 comenzaron los primeros estudios técnicos que avalaban este tipo de material.

Según Villibor et al. (18), el 50% del área del estado de São Paulo tiene suelos lateríticos finos que podrían ser utilizados en bases de pavimentos. Otros estados también tienen alta presencia de este material, como Bahía, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais y Paraná. Hasta el año 2000, se construyeron más de 12.300 km de caminos secundarios con bases lateríticas, con más de 8.000 km construidos en el estado de São Paulo. Solución adoptada con capas finas en tratamiento superficial o capas finas de asfalto.



Figura 15 – Mezcla de arcila laterítica con grava en secciones experimentales. Fuente: Nervis,2010 (19).

Los suelos tropicales lateríticos son una buena alternativa de bajo costo para su uso en bases y subbases de pavimentos, así como revestimientos primarios en caminos rurales.

Estos suelos, en algunos casos, no cumplen con las metodologías clásicas de deseño o no presentan resultados teóricos favorables. Como resultado, se desarrolló en Brasil un método mecánico-empírico para el diseño de pavimentos flexibles basado en los estudios de Veloso (20). Siguiendo esta metodología, es posible diseñar el pavimento considerando la calidad de los suelos lateríticos.

Su uso más común se da en bases de pavimentos flexibles debido a su alto CBR, normalmente superior al 80%. También en bases de tierra y grava, tierra y cemento u otras adiciones químicas ya que es una tierra muy resistente. Sus aplicaciones en pavimentación son muy habituales, ya que en

vías de menor tráfico se utilizan directamente en la subrasante y reciben un doble tratamiento superficial a modo de revestimiento.

Villibor et al. (21) realizaron una interesante adaptación a los métodos nacionales tradicionales de clasificación por tamaños. para evaluar el CBR de suelos lateríticos, y su uso en pavimentos de bajo costo, donde presenta diferentes valores aceptables de CBR para suelos lateríticos:
– Subbase – suelos con 20% CBR;
– Bases – suelos y estabilizaciones con CBR entre 12% y 80%.

4.4 RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

La reutilización de materiales es uno de los grandes retos de la ingeniería, tanto desde el punto de vista medioambiental como social. La búsqueda de la sustentabilidad y la economía, unida a la durabilidad de las acciones de mantenimiento y conservación de los caminos, debe convertirse en una realidad.

En Brasil, desde 2002, a través del Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA (22), los residuos de construcción civil y demolición (RCD) tienen su disposición controlada y sus generadores tienen responsabilidades compartidas por la gestión de estos residuos. De esta forma, se están tomando algunas iniciativas de reutilización.

El municipio de Fortaleza, Ceará, viene utilizando estos materiales (RCD) en la pavimentación urbana. Santos et al. (23) reportan un estudio de caso de esta técnica como capa base y subcapa con y sin incorporación de grava en la Avenida Paulino Rocha, en la región de Arena Castelão. En estos segmentos se utilizaron mezclas con 100% RCD y 75% RCD + 25% grava (grava ¾"), cumpliendo con los rangos granulométricos de Grava Graduada del DNIT. Sobre ellos se colocó una capa de asfalto.

Este material cumplió con la matriz granulométrica DNIT (Norma DNIT 141/2010-ES) (24) para tráfico pesado, observada en la siguiente tabla. La capacidad portante (CBR) estuvo por encima del 80% en todos los ensayos y su compactación.

Tabla 1 – Graduación del agregado – Fuente: DNIT 141/2010-ES (24).

Tipo		Para N > $5x10^6$				Para N < $5x10^6$		Tolerancia puntual
Mallas	(mm)	A	B	C	D	E	F	
% em peso de paso								
2"	50,8	100	100	-	-	-	-	+/- 7
1"	25,4	-	75 - 90	100	100	100	100	+/- 7
3/8"	9,5	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100	-	-	+/- 7
Nº 4	4,8	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100	+/- 5
Nº 10	2,0	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100	+/- 5
Nº 40	0,42	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70	+/- 2
Nº 200	0,074	8 - 20	5 - 15	5 - 15	10 - 25	6 - 20	8 - 25	+/- 2

N - Tránsito de acuerdo con USACE.

El estudio de costos realizado demuestra que la aplicación de la técnica puede ser una buena alternativa para la pavimentación y caminos rurales de bajo costo, ya que además de cumplir con las especificaciones del servicio, presenta una importante reducción de costos para los municipios, superior al 50% en este rubro. Asociado a esto, existen beneficios intangibles para la población y el medio ambiente, con la reutilización de los residuos. Las siguientes figuras muestran imágenes de la obra.



Figura 16 – Ejecución de obra - Fuente Santos, et al. (23).

Para una imagen del estado actual, presentamos una imagen de Google Maps de esta avenida que, después de casi 10 años, se ha convertido en una importante conexión en el municipio.



Figura 17 – Avenida Paulino Rocha, 2022 – Fuente google maps (2022).

Estas imágenes, de febrero de 2022, muestran la aparición de grietas y reparaciones localizadas, asociadas al tránsito intenso. Sin embargo, el pavimento parece tener un desempeño aceptable. Por tanto, se trata de una técnica que se puede incorporar al mix de soluciones para caminos rurales, ya sea para estabilización o incluso como revestimiento.

Estos usos son muy específicos y su aplicación localizada. Aunque el uso de RCD en Brasil comenzó en la década de 1980, fue recién en 2004 que las normas técnicas comenzaron a publicarse, como cita Motta (25).

4.5 RESIDUO DE LA INDUSTRIA DEL ACERO

Existen muchos materiales alternativos que pueden ser utilizados en obras de pavimentación, y su disponibilidad y uso local son soluciones que pueden presentar una adecuada relación costo-beneficio, principalmente en caminos rurales. Las características locales son muy importantes para definir las alternativas de mantenimiento o construcción de caminos, ya sea por la falta de disponibilidad de materiales de buena calidad, las condiciones climáticas y otras variables. Recientemente, ha habido

un cambio de conceptos y hay una mayor búsqueda por el aprovechamiento de residuos de industrias disponibles regionalmente.

En este escenario surge el aprovechamiento de residuos siderúrgicos, un material granular noble que puede ser utilizado como agregado primario.

En las diversas regiones de Brasil donde existe industria siderúrgica, sus agregados/chatarras también son abundantes, pudiendo ser utilizados en estabilización con propiedades de reducción de expansión y ganancia de resistencia. Se pueden utilizar en carreteras en capas base, incluidas las especificaciones DNIT 406/2017 - PT (26). Pero también como capa de revestimiento, como es el caso del municipio de Alpercata/MG, con una población de alrededor de 7.000 habitantes, que ya realizó obras a través de una siderúrgica (27), mejorando la calidad de los caminos rurales con sustentabilidad y bajo costo.



Figura 18 – Revestimiento primario en acero. Alpercata-MG - Fuente Prefeitura Municipal de Alpercata, 2021 (27).

En términos de sustentabilidad, este uso es fundamental ya que implica la transformación de acero altamente contaminante. El aprovechamiento de los residuos de los cerca de 30 millones de toneladas de acero que se producen anualmente en Brasil es una actitud muy beneficiosa para las comunidades locales y para el desarrollo de los caminos rurales donde se produce el acero.

Es fundamental cumplir con los estándares ambientales, así como evaluar estas técnicas y sus limitaciones, como la disponibilidad de residuos, ya que su costo de transporte tiene un impacto muy alto en el costo final de la técnica.

4.6 MATERIALES FRESADOS - RAP (RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT)

Entre los materiales de pavimentación más nobles se encuentra el material fresado (Reclaimed Asphalt Pavement). Hace unos años, este material era tratado en todo el mundo como restos de trabajo y, por tanto, como un problema: se consideraban elementos de deshecho. Sin embargo, con la escasez de recursos minerales, el alto costo y el potencial de reutilización de estos materiales, se han vuelto muy valiosos.

Inicialmente, se almacenaban en vertederos o se donaban para caminos básicos. Su uso se limitaba a la mejorar la rodadura de los caminos y pequeños patios. Actualmente, su reutilización es obligatoria en algunos países. En Brasil, esto se está desarrollando tanto en el reciclaje de estructuras asfálticas, una técnica muy sofisticada y exitosa, como en nuevas mezclas asfálticas. Estos requieren un mayor cuidado en la dosificación, pero hasta un 30% de este material se reutiliza en una nueva mezcla.

En Brasil, en 2021, el Departamento Nacional de Infraestrutura Rodoviária (DNIT) actualizó su normativa para hacer obligatorio el uso de RAP en obras de restauración y pavimentación de carreteras federales a través del DNIT 033/2021 (28). El objetivo es reducir los impactos ambientales y los costos de construcción.

El uso en caminos rurales ha ido creciendo paulatinamente, principalmente con el uso de material RAP de obras municipales. Estos materiales están siendo reservados y aplicados en revestimientos primarios en sus municipios. La siguiente ilustración muestra un almacén de material fresado, de forma común y precaria.



Figura 19 – Materiales Fresados – Fuente: Buhler (12).

Sin embargo, estos materiales deben ser adecuadamente seleccionados y almacenados para su mejor aprovechamiento, tanto en términos de granulometría, residuo asfáltico y desempeño futuro.

Una acción interesante fue tomada por el gobierno municipal de Guarujá, estado de São Paulo, que estableció, a través del Decreto nº 14.839, de marzo de 2022 (29), la obligación de reutilizar material asfáltico fresado en vías públicas urbanas como capa de revestimiento. Aunque las especificaciones técnicas no están definidas, este es un gran paso.

El municipio de São Miguel do Iguaçu (30), en Paraná, aplicó material fresado para mejorar caminos rurales en 2021, con buen desempeño en la capa final para mejorar el estado de los caminos.



Figura 20 – Recubrimiento con Fresado – Fuente Intendencia de São Miguel do Iguaçu (30).

Similar uso fue hecho por el municipio de Campos, estado de Río de Janeiro, utilizando material fresado en caminos urbanos y rurales. Este trabajo se realizó en marzo de 2022.



Figura 21 – Recubrimiento con Fresado, Campos (RJ) – Fuente: Intendencia de Campos, 2022 (31).

Esta es una alternativa muy interesante para su uso en revestimientos primarios, pero debe tener una subrasante resistente. El material fresado seleccionado (evitando grumos) y su rendimiento puede mejorarse con una adecuada distribución del material y una correcta compactación.

4.7 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

El tratamiento de superficies es una técnica de pavimentación muy antigua, utilizada con gran éxito en Brasil. En las últimas décadas, sin embargo, se ha descuidado en los caminos rurales, con el uso creciente de mezclas asfálticas duraderas, con mayores costos de implementación y mantenimiento.

El tratamiento superficial es una capa delgada (de 5 a 20 mm), de bajo costo y alta resistencia al desgaste, que además cumple la función de impermeabilizar la subrasante y garantizar una excelente adaptación a las deformaciones de la subrasante. Por otro lado, no es muy eficiente en cuanto al agrietamiento por fatiga, ya que su función estructural es muy limitada debido a su pequeño espesor. Sin embargo, su necesidad estructural en carreteras con poco tráfico también es menos determinante.

Es una técnica muy interesante para caminos rurales y secundarios, ya que es de bajo costo y de fácil aplicación, con equipos y técnicas de aplicación relativamente simples.

Algunas de las principales referencias bibliográficas en Brasil (32) mencionan que los tratamientos superficiales consisten en la aplicación de ligantes asfálticos y agregados sin mezclado previo, con posterior compactación que promueve la cobertura parcial y adherencia entre agregados y ligantes.

Al respecto, Larsen (33) añade: “Tratamiento superficial por penetración: revestimiento flexible de pequeño espesor, realizado por esparcimiento sucesivo de ligante bituminoso y grava, en una sola o múltiples operaciones. El tratamiento simple comienza, obligatoriamente, con la única aplicación de la emulsión asfáltica, que se cubre poco después con una sola capa de piedra. El ligante penetra el

agregado de abajo hacia arriba (penetración ‘inversa’). El tratamiento múltiple comienza, en todos los casos, con la aplicación del ligante que penetra de abajo hacia arriba en la primera capa de piedra, mientras que la penetración de las siguientes capas de ligante es ‘invertida’ o ‘directa’. El espesor final es del orden de 5 a 20 mm”.

Los espesores varían según la constitución de las capas, de una a tres. Así, pueden ser TSS (tratamiento superficial simple), TSD (tratamiento superficial doble) y TST (tratamiento superficial triple).

Los autores (34) presentan un esquema de ejecución de la técnica, ya que es ampliamente aplicada incluso en carreteras estatales y vecinales de los estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Bahia, Tocantins, Goiás y Santa Catarina, más que en muchos municipios. Esta técnica es utilizada y estandarizada por estos municipios, además de organismos viales como el DNIT (Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes), DAER-RS (Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem, Estado do Rio Grande do Sul), DER-PR (Departamento de Estradas de Rodagem, Estado do Paraná), DER-SP (Departamento de Estradas de Rodagem, Estado de São Paulo), GOINFRA (Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes)) y SIE-SC (Secretaria de Infraestrutura e Mobilidade do Estado de Santa Catarina), entre otros.

Hasta entonces, la aplicación del tratamiento se consideraba artesanal, con aplicación de emulsión asfáltica sobre la superficie ya compactada, previa distribución de piedra según norma de dosificación de referencia, con equipos de distribución de material. Las imperfecciones deben corregirse manualmente (sectores sin agregados). Después de eso, la capa se comprime. Para tratamientos dobles o triples se repite el proceso con su granulometría y tasas específicas.



Figura 22 – Ejecución del tratamiento - Fuente Bernuci et al (34).

La siguiente tabla muestra un ejemplo de rangos granulométricos que se pueden utilizar en el TSD, según DNIT 147/2012-ES (43).

Tabla 2 – Estandares brasileños TSD – Fuente: DNIT, 2012 (35).

Tipo		1ª capa	2ª capa		Tolerancia del rango de proyecto
Malla	(mm)	A	B	C	
% que pasa, en peso					
1"	25,4	100	-	-	+/- 7
3/4"	19,0	90 - 100	-	-	+/- 7
1/2"	12,7	20 - 55	100	-	+/- 7
3/8"	9,5	0 - 15	85 - 100	100	+/- 7
Nº 4	4,8	0 - 5	10 - 30	85 - 100	+/- 5
Nº 10	2,0	-	0 - 10	10 - 40	+/- 5
Nº 200	0,074	0 - 2	0 - 2	0 - 2	+/- 2

Tasa de Aplicación

Capa	Ligante (l/m^2)	Agregado (kg/m^2)
1ª	1,2 a 1,8	20 a 25
2ª	0,8 a 1,2	10 a 12

El uso de tratamientos superficiales y otras técnicas propuestas se basan en la búsqueda de soluciones económicamente eficientes que contribuyan a aumentar la calidad de los caminos rurales y reducir el déficit de pavimentación en caminos no pavimentados. El DNIT recomienda que, para un tránsito diario de aproximadamente 100 camiones y autobuses y 1.500 vehículos livianos (número N < 106), se adopten soluciones de tratamiento superficial, es decir, no son necesarios ligantes asfálticos.

En otras palabras, el uso de pavimentos alternativos que tengan costos más bajos que los pavimentos tradicionales (asfalto) es muy importante para administrar las escasas inversiones y reducir los tiempos de viaje entre el campo y la ciudad.

Hay muchas iniciativas para el uso de tratamientos superficiales en caminos rurales. Otro gran ejemplo es el trabajo de la Asociación Bahiana de Productores de Algodón (ABAPA) que, desde 2013, trabaja en este sentido para mejorar los caminos rurales. En el municipio de Luís Eduardo Magalhães ya fueron construidos más de 70 km de caminos rurales con TSD, beneficiando cerca de 300 familias en un área de 50 mil hectáreas de producción de soya, algodón y maíz en el oeste de Bahia. La siguiente figura muestra la evolución de la técnica con equipos modernos (multidistribuidor).

Este método reemplaza el uso habitual de dos camiones, uno para esparcir la emulsión asfáltica y otro para distribuir las piedras, con un solo camión que realiza ambos pasos simultáneamente. Esto implica una mayor agilidad y reducción de operarios. La automatización también proporciona una mejor calidad en el proceso ejecutivo y economía de mano de obra.

Así, se desmitifica la baja productividad y uso artesanal de la solución, comprobada por un uso de alta productividad y control de calidad superior.



Figura 22 – Ejecución de TSD en Bahia- Fuente BA de Valor, 2020 (36).

Esta técnica, ampliamente utilizada desde la década de 1970, debe entenderse como una técnica con buenos resultados y que garantiza un mejor estado de los caminos rurales en un escenario de escasa inversión. Sobre todo, trae mejores condiciones de vida, sustentabilidad y reducción de costos de transporte.

A continuación, algunas imágenes que demuestran la facilidad de realizar la técnica con equipos antiguos o modernos.


Figura 24 – Ejecución de TSD en São Desidério (Bahía) – Fuente intendencia de São Desidério, 2022 (37).

Las Figuras siguientes muestran diferentes ejecuciones de tratamientos superficiales, tanto en caminos rurales como en municipios.



Figura 25 – Ejecución de TSD con multidistribuidor – fuente: Buhler (12).

5. INICIATIVAS PARA LA RECUPERACIÓN DE LOS CAMINOS

5.1 PATRULLA RURAL

En el noroeste de Paraná se firmó un convenio entre el Consórcio Intermunicipal da APA Federal do Noroeste do Paraná (COMAFEN)" y la Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná, en cumplimiento del programa "Estradas da Integração - Patrulha do Campo". El objetivo era atender las necesidades relacionadas con la recuperación de caminos rurales en los municipios consorciados con el fin de mantener en buen estado los caminos rurales, con foco en el desarrollo rural y urbano de los municipios participantes del consorcio.

Los municipios tienen a su disposición, para atender sus necesidades, maquinaria pesada como excavadora hidráulica, tractor de orugas, motoniveladoras, cargadores frontales, rodillo compactador, camión tanque y camión volcador. Los recursos son del gobierno de Paraná, a través de financiamiento con bancos de desarrollo. Los municipios, por su parte, invierten en mano de obra, en alimentación para los empleados, en combustible y en equipamiento.

Según el Portal da Ciudad/Loanda (38), desde 2018, esta acción ha permitido 66 km de mejoras en caminos rurales en los 12 municipios del consorcio, asegurando una mejor transitabilidad, desarrollo urbano y rural, además de promover la formación de gestores públicos y técnicos.

El convenio aún está en curso y se está mejorando para atender a todos los municipios. La siguiente figura muestra la ejecución de los servicios.



Figura 26 - Patrulla Rural – Fuente: Portal da Cidade, Loanda, 2021 (38).

La patrulla se compone de dos camiones volcadores, un camión tanque, un cargador frontal, un rodillo compactador, una motoniveladora, una excavadora hidráulica y un tractor de orugas.

5.2 MEJOR CAMINO

En el estado de mayor desarrollo industrial de Brasil, São Paulo, existe desde 1997 el programa “Melhor Caminho”. Según el sitio web de la secretaria de Agricultura e Abastecimiento del Estado (39), el programa consiste en convenios entre la secretaría y los gobiernos municipales con el objetivo de recuperar y conservar tramos de caminos rurales a través de la ejecución de obras. Según la Assembleia Legislativa de São Paulo (40), en 21 años la iniciativa atendió 12.000 km de caminos rurales, y deberá ser ampliada por otros 5.000 km de caminos en la nueva fase del programa.

En el ámbito de este programa, la ciudad de Bauru (40) anunció inversiones en 5,87km de vías de este municipio, con recuperación del revestimiento, elevación de la rasante, perfilado de la vía y compactación del suelo, con servicios adicionales para la construcción de pluviales tomacorrientes y cajas de contención.



Figura 27 - “Mejor Camino” - Fevereiro de 2022 – Fuente: Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 2022 (40).

Otro ejemplo es el municipio de Dracena (41), que comenzó realizando más de 7km de mantenimiento y adecuación de caminos rurales del municipio. Hay planes para contratar otros 5 km en los próximos meses.

5.3 CAMINOS DEL VALLE

En el estado de Minas Gerais, una sociedad entre una empresa siderúrgica y comunidades del este del estado (42) dio origen al programa llamado “Caminhos do Vale”. La empresa proporciona el agregado de origen siderúrgico, que se mezcla con suelo local y se aplica con apisonadora, para la pavimentación de caminos rurales de la región como revestimiento primario.

La empresa hace la donación y se hace cargo del material hasta que llegue a los patios disponibles por los municipios. Después de cinco años del programa, 84 municipios ya se han beneficiado y han recibido alrededor de 2,8 toneladas de agregados producidos a partir de residuos de procesos siderúrgicos. La empresa también se encarga de donar plantines para ser plantados en áreas con manantiales que necesitan ser recuperadas.

Los municipios son los encargados de realizar los servicios, mezclando el agregado con la tierra del lugar y compactando la mezcla con un rodillo compactador. Este tipo de solución demostró ser eficaz, especialmente en épocas de fuertes lluvias, cuando las rutas por donde se habían realizado los servicios permanecían transitables.

A cambio del material recibido, los municipios deben implementar proyectos dirigidos al medio ambiente, como la recuperación de manantiales y la plantación de plantines. A lo largo de la existencia de este proyecto, se mapearon y recuperaron casi 4.000 manantiales, con la siembra de miles de mudas recibidas de la empresa metalúrgica.



Figura 28 - Caminos del Valle - Agosto de 2020 – Fuente: Blog de Usiminas, 2020 (42).

Esta iniciativa permite que miles de personas de la comunidad este de Minas tengan acceso a servicios de educación y salud, ya que pueden asistir con mayor facilidad a escuelas y hospitales.

El programa tiene tanto éxito en Vale do Aço que otras industrias se han unido a la iniciativa sostenible. Ciudades como Santana do Paraíso, Ipaba, Naque y Marliéria reciben apoyo de esta nueva empresa con maquinaria y aplicación de materiales. Hasta el momento, la empresa ha rehabilitado más de 50 kilómetros de caminos rurales.

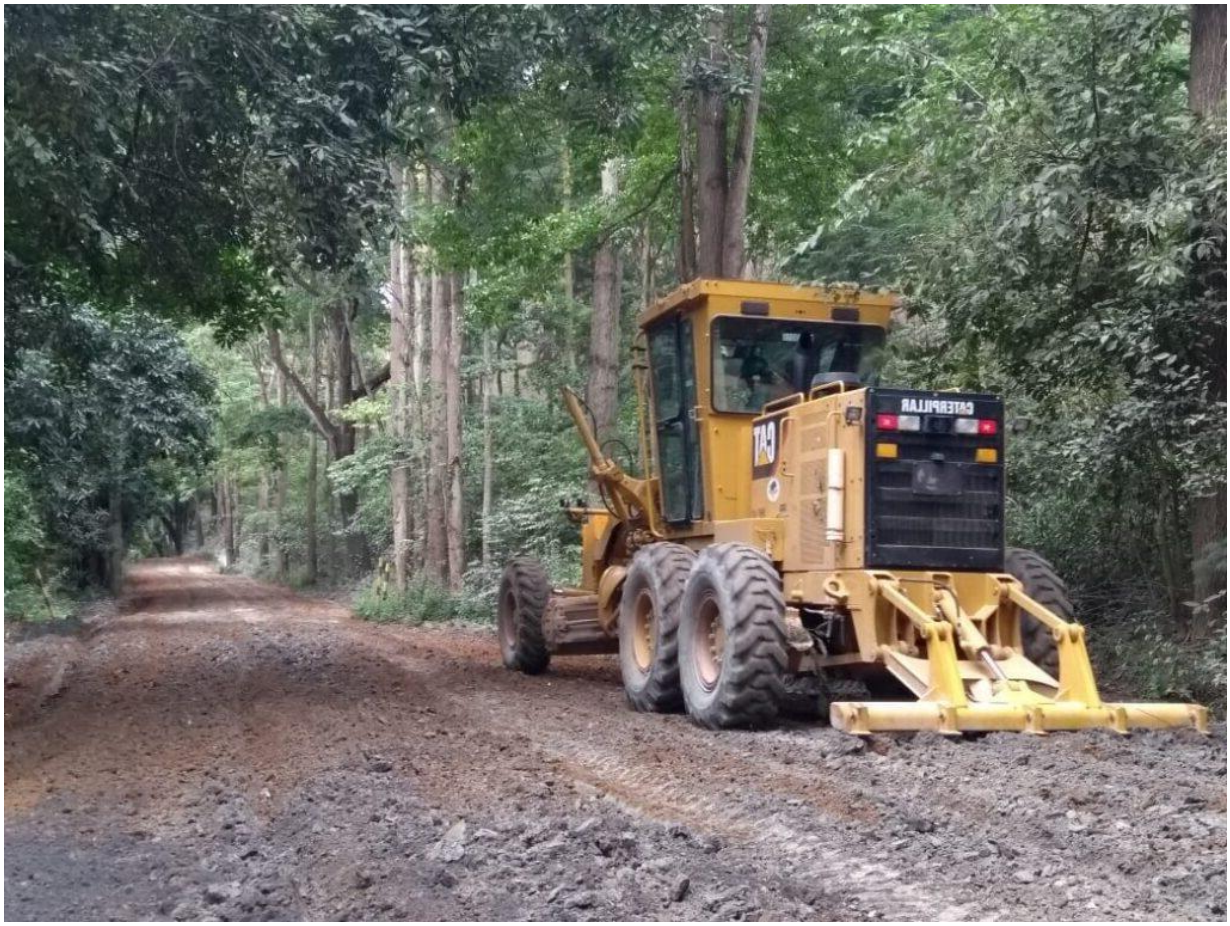


Figura 29 - Vale do Aço. Fuente: Sitio Uaiagro, 2021 (43).

5.4 ESTUDIO BÁSICO DE DESARROLLO MUNICIPAL (EBDM)

Elaborado por el CREA del estado de Paraná, el Estudio Básico de Desarrollo Municipal (EBDM) (44) tiene como objetivo presentar varias propuestas y soluciones, contribuyendo con los gestores públicos y otras autoridades en la elaboración de planes plurianuales de inversión en caminos rurales.

Los lineamientos del estudio (45) fueron presentados a la alcaldía de Maringá, indicando, a través de registros e informes técnicos, necesidades y recomendaciones técnicas para el mejoramiento de estas vías. Además, el documento también presenta la legislación aplicable en la región.

Las normas también fueron presentadas en más de 40 municipios del estado, abarcando varias guías técnicas temáticas en diferentes áreas de la ingeniería, con el fin de uniformar la necesidad de acciones ordenadas.

Sabiendo que cada municipio tiene sus particularidades y legislación, el documento presenta modificaciones para atender las necesidades y particularidades de cada uno.

Por ejemplo, el municipio de Ponta Grossa (46), que tiene aproximadamente 3.500 km de caminos rurales, tiene su propia legislación, que clasifica los caminos rurales en tres clases según el ancho, desde caminos principales, de 10 m de ancho, hasta caminos secundarios con 5,0 m de ancho.

Además, define que todos tendrán un trazado de cinco metros a ambos lados. También establece que corresponde al municipio la adecuación de la vía, así como la construcción de las obras de drenaje y demás obras necesarias para su mantenimiento.

Estas iniciativas son muy importantes para el desarrollo regional y para la estandarización del uso de técnicas adecuadas para el mantenimiento de caminos rurales.

5.5 PATRULLA MECANIZADA - BAHIA

El Programa Patrulha Mecanizada es una iniciativa financiada por el Instituto Brasileiro do Algodão (IBA), llevada a cabo por la Associação de Produtores de Algodão da Bahia (ABAPA). Tiene alianza com productores rurales del Oeste de Bahía, la Associação dos Agricultores e Irrigadores da Bahia (AIBA), el Programa de Desenvolvimento da Agricultura (PRODEAGRO), el Fundo de Desenvolvimento da Agroindústria do Algodão (FUNDEAGRO) y los municipios de esta región (47).

Esta alianza surge para brindar obras de mejoramiento de caminos rurales, teniendo en cuenta que luego de las lluvias de abril comienza el transporte de la cosecha de granos y se repite año tras año una verdadera pesadilla por las pésimas condiciones de los caminos rurales, que conectan las propiedades con carreteras estatales y federales.

En 2021, aún durante las lluvias, las obras no se detuvieron y más de 433 km de caminos rurales recibieron acciones correctivas para mejorar la plataforma vial en 14 “líneas”. Se realizaron obras de contención, drenaje y correcciones puntuales, evitando un desastre para la comunidad y la agroindustria.

La principal estrategia es recuperar las vías y, posteriormente, pavimentarlas con Tratamiento Superficial Doble (TSD). La meta para el bienio 2021/2022 fue la implementación de 280 km de caminos rurales recuperados y pavimentados. Desde su creación en 2013, el programa “Patrulha Mecanizada” ya recuperó más de 3.000 km, con la pavimentación de tres caminos rurales.

El Programa Patrulha Mecanizada es un proyecto de adquisición de maquinaria, insumos y vehículos auxiliares para la conservación de los recursos naturales en el cultivo y transporte de la producción de algodón, integrando el campo y el acceso a las comunidades (48). Es parte del compromiso de ABAPA con la sustentabilidad, ya que contribuye a una mejor gestión hídrica en la región, pues promueve el aprovechamiento del agua de lluvia y ayuda a la recarga de las napas freáticas.

Hay muchos beneficios indirectos, ya que las buenas carreteras significan una reducción del tiempo de viaje de una ambulancia a una emergencia médica, un menor costo de transporte de productos a las comunidades e incluso una reducción de la pérdida de productos o animales durante el transporte.



Figura 30 – Patrulla Mecanizada – Camino de Estrondo. Fuente: Associação dos Produtores de Algodão da Bahia, ABAPA, 2021 (47).

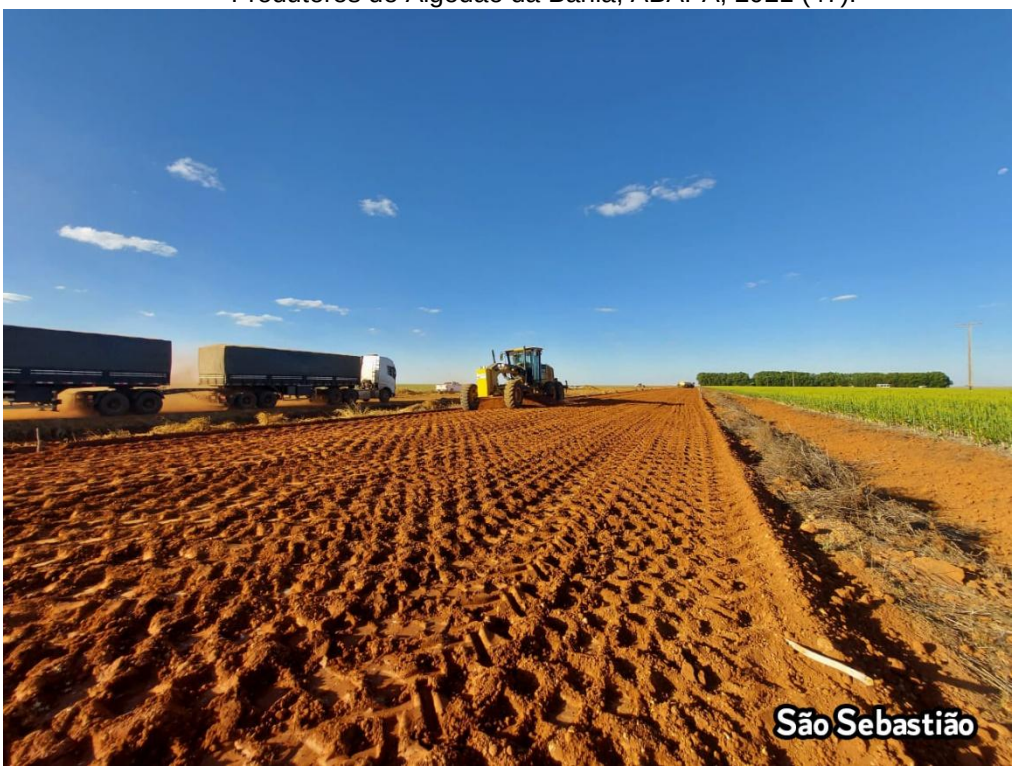


Figura 31 – Patrulla Mecanizada – São Sebastião. Fuente: Associação dos Produtores de Algodão da Bahia, ABAPA, 2021 (48).

6. CONCLUSIONES

El trabajo muestra la necesidad de una gestión eficiente de la red vial rural en Brasil, subrayando la importancia de políticas públicas adecuadas e inversiones en el mantenimiento y mejora de estas vías. Se examinan las condiciones actuales de los caminos rurales, los aspectos legislativos y las técnicas de mantenimiento aplicadas, destacando la importancia de una estructura bien planificada para optimizar los recursos escasos.

Para desarrollar un programa de gestión de caminos rurales, es esencial considerar varios factores: los lugares de acción, la experiencia de las empresas regionales, la definición y estandarización de acciones y leyes específicas, y la priorización de las acciones y los costos involucrados para un período de vida útil determinado. Estos elementos son fundamentales para una implementación eficaz y sostenible de mejoras en la infraestructura vial rural.

Todavía, se resalta la importancia de mejorar las condiciones de los caminos rurales para aumentar la calidad de vida y el acceso de las comunidades rurales a las ciudades. Para lograrlo, es necesario un esfuerzo conjunto entre autoridades, políticas públicas, comunidades y empresarios, asegurando que las personas tengan acceso a salud, educación y condiciones seguras y cómodas para sus actividades económicas. Este enfoque integrado y colaborativo es esencial para el desarrollo sostenible de las infraestructuras viales rurales.

Por una gestión eficiente de la red vial rural, destacando la importancia de políticas públicas adecuadas, inversiones en el mantenimiento y mejora de estas vías. Aquí están los puntos fundamentales:

- Caracterización de la Red Vial Rural;
- Necesidad de Políticas Públicas;
- Gestión de Caminos Rurales;
- Evaluación del Deterioro de los Caminos;
- Importancia de Mejorar los Caminos;
- Compromiso entre Autoridades y Comunidades;

Para superar los desafíos de una extensa red no pavimentada y una economía precaria, es necesario un esfuerzo conjunto entre autoridades, políticas públicas, comunidades y empresarios. El objetivo es garantizar que las personas tengan acceso a salud, educación y condiciones seguras y cómodas para sus actividades económicas.

REFERÊNCIAS

1. CENSO 2020. **Site Saúde Amanhã/Fiocruz**, 2017. Disponible en: https://antigo.infraestrutura.gov.br/rodovias-brasileiras.html. Acceso: julio 2023.
2. CNT. Confederação Nacional dos Transportes. **PESQUISA CNT de Rodovias**, 2022. Disponible en: https://pesquisarodovias.cnt.org.br/. Acceso: julio 2023.
3. BRASIL. Ministério da Infraestrutura, 2019. Rodovias Federais. Disponible en: https://antigo.infraestrutura.gov.br/rodovias-brasileiras.html. Acceso: julio 2023.
4. NASA confirma dados da Embrapa sobre área plantada no Brasil. Embrapa, 2017. Disponible:https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30972114/nasa confirma-dados daembrapa-sobre-area-plantada-no-brasil. Acceso: julio 2023.

5. CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção Agrícola. Safra: Série Histórica dos Grãos**. Disponible en: https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historicagraos.html
6. ESTRADA Legal: Prefeitura lança maior programa de recuperação de estradas rurais:Trabalhos incluem pavimentação, recapeamento e PMVP. **SITE DA PREFEITURA DE BRAGANÇA PAULISTA**, 2021. Disponible en: https://www.braganca.sp.gov.br/noticias/estrada-legal-prefeitura-lanca-maior-programa-de-recuperacao-de-estradas-rurais.
7. SÃO PAULO. **Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo**. Disponible en: https://www.agricultura.sp.gov.br/melhor-caminho. Acceso: julio 2023.
8. SAVIAN, Moisés et al. **Sistema de Gestão de Estradas Rurais**: Inovação na Administração Municipal de Lages, Santa Catarina. X Congresso CONSAD, Brasília, Brasil: 2017.
9. LAGES. **Lei Municipal N° 4.159, de 31 de maio de 2016**. Aprova o Plano Municipal de Desenvolvimento Rural e prevê outras medidas. Disponible en: https://leismunicipais.com.br/a1/sc/l/lages/lei-ordinaria/2016/416/4159/lei ordinaria-n-4159-2016-aprova-o-planomunicipal-de-desenvolvimento-rural-e-da-outras-providencias. Acceso: julio 2022.
10. LAGES. **Lei Municipal N° 4.135, de 12 de novembro de 2015**. Dispõe sobre as estradas rurais municipais de Lages, cria o Sistema de Gestão de Caminhos Rurais – SISGE rurais,R. Disponible en: https://leismunicipais.com.br/a/sc/l/lages/lei ordinaria/2015/414/4135/leiordinaria-n-4135-2015-dispoe-sobre-as-estradas rurais-municipais-de-lages-cria-o-sistemade-gestao-de-estradas-rurais-sisger-e-da-outras-providencias. Acceso: julio 2022.
11. BAESSO, D.; GONÇALVES, F. L. **Técnicas Adequadas de Estradas de Terra**. Florianópolis: DER-SC, 2003.
12. BUHLER, A. V.; Estradas Rurais, uma porta para o desenvolvimento e conectividade territorial. CAF, 2023. Verion digital em scioteca.caf.com.
13. QUASE 20 quilômetros de estradas rurais recebem melhorias. **Jornal do Oeste**, Toledo - PR, 23 abr. 2021. Região. Disponible en: https://www.jornaldooeste.com.br/regiao/quase-20-quilometros-de-estradas-rurais-recebem-melhorias/. Acceso: junio 2022.
14. MELHORIAS de estradas rurais não param em Assis Chateuabriand. **Jornal do Oeste**.PR,2jun2021.Disponibleen:https://www.jornaldooeste.com.br/regiao/melhorias-em-estradasrurais- naoparam-em-assis-chateaubriand/. Acceso: junio 2022.
15. NOGAMI, J. S. e VILLIBOR, D. F. **Caracterização e Classificação Gerais de Solos para Pavimentação: Limitações do Método Tradicional, Apresentação de uma Nova Sistemática**. Anais da XV Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. Belo Horizonte, MG. 1980.
16. BERNUCCI, Liédi Légi Bariani. **Considerações sobre o Dimensionamento de Pavimentos Utilizando Solos Laeríticos para Rodovias de Baixo volume de Tráfego**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1995.
17. VILLIBOR, Douglas Fadul; ALVES, Driely Mariane Lancarovici. **Pavimentação de baixo custo para Regiões Tropicais: Projeto e Construção: novas considerações**. Florianópolis, 2019.
18. VILLIBOR, D. F. et al. **Pavimentos de Baixo Custo para vias urbanas, bases alternativas com Solos Lateríticos**. São Paulo, 2007.
19. NERVIS, Leandro Olivio. **Estudo de revestimento primário para utilização em estradas vicinais da região de Santana do Livramento-RS**. 2010.
20. VELOSO, Jean França et al. **Análise de solos tropicais para pavimentação da rodovia BR-163/PA/**Analysisof tropical soils for pavingtheroad BR-163/PA. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 7, p. 53471-53493, 2020.
21. VILLIBOR, D. F. et al. **Pavimentação de baixo custo para vias urbanas**. 2. ed. São Paulo: Arte e Ciência, 2009.
22. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Brasília, 5 jul. 2022.

23. SANTOS, Joyce Oliveira; ARAÚJO, Carla Beatriz Costa de; AYRES, Thiago Moura da Costa. **Análise da Utilização de RCD em Obras de Pavimentação na Cidade de Fortaleza**. MIX Sustentável, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 65-72, jul. 2019.
24. BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Pavimentação Rodoviária - Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço** – NORMA DNIT 141/2010 - ES. Rio de Janeiro, 2010.
25. MOTTA, R.S. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentos de baixo volume de tráfego**. 2005, 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
26. BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. **Pavimentação Rodoviária - Base estabilizada granulometricamente com Açobrita® - Especificação de serviço** - NORMA DNIT 406/2017 - ES. Rio de Janeiro, 2017.
27. ESTRADAS rurais recebem cascalhamento com agregado siderúrgico. **Site da Prefeitura Municipal de Alpercata**. 2021. Disponible en: https://www.alpercata.mg.gov.br/detalhe-damateria/info/estradas rurais recebem-cascalhamento-com-agregado-siderurgico/27223.Acceso: julio 2022.
28. BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Pavimentação Rodoviária – Concreto asfáltico reciclado em usina a quente - Especificação de serviço** - NORMA DNIT 033/2021 – ES. Rio de Janeiro, 2021.
29. GUARUJÁ, **DECRETO Nº 14.839**. Disponible en: https://leismunicipais.com.br/a1/sp/guaruja/decreto/2022/1484/14839/decret -n-14839-2022-regulamenta-a-lei-n-4968-de-06-de-janeiro-de-2022-que dispoe-sobre-a-obrigatoriedade-do-reaproveitamento-do-materialfresado-de asfalto-raspa-nas-vias-publicas-nao-pavimentadas-do-municipio-e-da outras providencias. Acceso: octubre 2022.
30. GOVERNO Municipal inicia aplicação de fresado de asfalto em estrada rural. **Site da Prefeitura de São Miguel do Iguaçu**. Disponible en: https://www.saomiguel.pr.gov.br/governo-municipal-inicia-aplicacao-defresado-de-asfalto-em-estrada-rural/. Acceso:octubre 2022.
31. ASFALTO transformado é reaproveitado na recuperação de estradas. **Site da Prefeitura de Campos**. Disponible en: https: //campos.rj.gov.br/exibirNoticia.php?id_noticia=69308 – Acceso: octubre 2022.
32. BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006.
33. LARSEN, J. **Tratamento superficial na conservação e construção de rodovias**. Rio de Janeiro: ABEDA, 1985.
34. BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2022. 750 p.: il. ISBN 978-85-69658-02-3.
35. BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Pavimentação asfáltica - Tratamento Superficial Duplo** - Especificação de serviço. Norma DNIT 147/2012– ES. Rio de Janeiro, 2012.
36. PRODUTORES investem R$12 milhões em pavimentação de mais uma estrada do Oeste da Bahia. **Site BA de Valor**. 26 de julho de 2020. Disponible en: https://badevalor.com.br/produtores-investem-r12-milhoes-em-pavimentacao de-mais-uma-estrada-do-oeste-dabahia/ - Acceso: octubre 2022.
37. PREFEITURA inicia trabalhos de pavimentação asfáltica TSD na avenida paralela a BR- 135. **Site da Prefeitura Municipal de São Desidério**. Disponible en: https://saodesiderio.ba.gov.br/mais-noticias/prefeitura-inicia-trabalhos-de pavimentacao-asfaltica-tsd-na-avenidaparalela-a-br-135/ - Acceso: octubre2022.
38. MAIS de 65 quilômetros de estradas rurais da região de Loanda recebem melhorias. **Portal da cidade de Loanda**. 15 de abril de 2022. Disponible en: https://loanda.portaldacidade.com/noticias/agronegocio/mais-de-65quilometros -de-estradas-rurais-da-regiao-de-loandarecebem-melhorias-3254. Acceso: junio 2021.

39. SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Melhor Caminho. Disponible en: https://www.agricultura.sp.gov.br/pt/melhor caminho. Acceso: octubre 2022.
40. ESTRADAS Rurais: governo de SP retoma Programa Melhor Caminho. **Portal da Alesp**. 21/10/2021. Disponible en: https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=429929. Acceso: octubre2022.
41. PROGRAMA Melhor Caminho é iniciado em Dracena. **Site da Prefeitura de Dracena**. Disponibleen:https://www.dracena.sp.gov.br/portal/noticias/0/3/108893/programa melhorcaminho-e-iniciado-a-todo-vapor-em-dracena. Acceso: octubre 2022.
42. CAMINHOS do Vale: levando desenvolvimento e acesso às comunidades do Leste de Minas. **Blog da Usiminas**. 14 de agosto de 2020. Disponible en: https://www.usiminas.com/blog/comunidade/mobiliza/. Acceso: octubre 2022.
43. AGREGADO Siderúrgico é usado em estradas rurais de Minas. **Site UaiAgro**. 21 de novembrode 2021. Disponible en: https://uaiagro.com.br/agregado-siderurgico-e-usado-em-estradasrurais-de-minas/. Acceso: octubre 2022.
44. CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO PARANÁ (CREA-PR). **O que é EBDM**. Disponible en: https://agendaparlamentar.crea-pr.org.br/o-que-e-ebdm. Acceso:octubre 2022.
45. MARINGÁ tem nove 'carências' municipais, apontam estudos de Entidades de Classe parceiras do Crea-PR. **Site do Jornal Noroeste**. 27 de outubro de 2020. Disponible en: https: // jornalnoroeste.com/pagina/regiao/maringa-tem-nove-carencias-municipaisapontam-estudos-de-entidades-de-classe-parceiras-do-crea-pr. Acceso: octubre 2022.
46. EBDM - Ponta Grossa - Estradas rurais: conservação e sinalização. **Site O Paraná em Debate**. Agenda Parlamentar CREA – PR. Disponible en: https://agendaparlamentar.crea-pr.org.br/download-ebdm/ponta-grossa/ebdm-ponta-grossa-estradas-rurais-conservacao-esinalizacao.Acceso: julio 2023.
47. Obras do Patrulha Mecanizada vão acelerar com o final do período chuvoso no Oeste da Bahia. **Site Notícias Agrícolas**. 07 de abril de 2021. Disponible en: https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/agronegocio/284737-obras-do-patrulha-mecanizada-vaoacelerar-com-o-final-do-periodo-chuvoso-no-oeste-da-bahia.html. Acceso: octubre 2022.
48. Patrulha trabalhando a mil. **Site da Abapa**. 2 de julho de 2021. Disponible en: https://abapa.com.br/noticias/patrulha-trabalhando-a-mil. Acceso: octubre 2022.