

# **ESTRADAS VICINAIS: COMPARATIVO ENTRE REVESTIMENTO PRIMÁRIO EM REVSOL E SAIBRO**

Anne Gêssica Saick Silva <sup>1</sup>, Franciely Santos Pena<sup>1</sup>, Marina Cristina Nogueira<sup>1</sup>, Carlos Eduardo Conegundes<sup>2</sup>

1- Acadêmica do curso de Engenharia Civil – Faculdade Multivix - Castelo

2- Engenheiro Civil – Professor MSc - Castelo

## **RESUMO**

A malha de estradas de rodagem no Brasil atinge cerca de 1,72 milhão de quilômetros, e desse total, 78,5% não são pavimentadas, ou seja, aproximadamente 1,35 milhão quilômetros. As estradas com revestimento primário não apresentam cobertura superficial específico e recebem menor volume de investimentos. Esta carência, aliada à falta de estudos sobre o tema, resulta em vias, geralmente, com uma série de patologias e recebendo pouca manutenção. No município de Conceição do Castelo, interior do estado do Espírito Santo, objeto de estudo, cerca de 80% da malha de estradas é de terra. Visando a melhoria na qualidade de vida dos cidadãos, bem como tráfego seguro e de qualidade em condições climáticas adversas, serão propostos e comparados dois materiais de revestimento primário para as estradas vicinais: saibro e REVSOL. Para tanto, foi realizado estudo de caso e pesquisa bibliográfica para comparar ambos os métodos quanto ao custo, durabilidade, qualidade e sustentabilidade. A partir das análises realizadas, conclui-se que o REVSOL tende a ser viável economicamente, apesar do custo inicial mais elevado quando comparado ao saibro.

Palavras-chave: Estradas vicinais. Revestimento primário. Saibro. REVSOL. Orçamento. Sustentabilidade.

## **INTRODUÇÃO**

De acordo com dados da Confederação Nacional do Transporte – CNT (2020), a malha de estradas de rodagem do Brasil atinge cerca de 1,72 milhão de quilômetros, e desse total, 78,5% não são pavimentadas, ou seja, aproximadamente 1,35 milhão quilômetros. Embora essas vias correspondam a uma extensa malha de estradas, visto as dimensões continentais do Brasil, elas são muitas vezes deixadas ao esquecimento, geralmente não recebem manutenções, e conseqüentemente desenvolvem problemas técnicos que dificultam o tráfego (PINHEIRO; SALOMÃO; SILVA, 2020).

Estradas não pavimentadas, vicinais, rurais ou de terra, conforme Nunes (2003), são vias municipais consideradas como principal meio de acesso entre áreas rurais e centros urbanos de fundamental importância econômica e social.

Não somente, na zona rural milhões de pessoas utilizam diariamente dessas estradas nos seus deslocamentos, seja para o trabalho, escolas ou atendimentos de saúde. Conforme Junior, Moreira e Tolo (2018), o modal rodoviário representa 65% do fluxo de mercadorias e pessoas no país.

Desses números, nota-se a enorme importância da rede rodoviária e estradas vicinais para as economias nacional, estaduais e municipais, uma vez que significativa parcela da produção agrícola e agroindustrial é ainda transportada, sobretudo nos trechos iniciais de seus percursos, em estradas de terra (CUNHA et.al, 2019).

Diante dessa realidade, o revestimento das estradas vicinais pode ser traduzido por uma modificação da cobertura do solo, a qual se justifica na medida em que melhora a qualidade de vida dos habitantes da cidade, principalmente no que tange às condições de tráfego, de acesso, de implementação de novos serviços, além de aumentar o potencial de negócios do comércio local.

No município de Conceição do Castelo, interior do estado do Espírito Santo, conforme mapeado pela Prefeitura local, cerca de 80% da malha de estradas é de terra, ou seja, não pavimentadas e sofrem, anualmente, com os altos índices pluviométricos (CONCEIÇÃO DO CASTELO, 2020).

Visando a melhoria na qualidade de vida dos cidadãos, bem como tráfego seguro e de qualidade em condições climáticas adversas, serão propostos e comparados dois métodos de revestimento primário para as estradas vicinais das comunidades rurais Taquarussu x Angá no município de Conceição do Castelo.

O revestimento primário pode ser definido como uma camada composta por agregados granulares aplicada sobre o maciço de fundação do pavimento, visando proporcionar condições adequadas de rolamento, apesar de condições ambientais distintas (DER, 2006).

O primeiro método a ser analisado é o ensaibramento, o qual consiste na regularização e compactação das vias através do uso do saibro. De acordo com as definições do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER,1997), saibros

são materiais originários da decomposição “*in situ*” do granito ou do gnaíse com a retirada da argila.

O segundo método, compreende o reaproveitamento de subproduto siderúrgico, originário do beneficiamento da escória de aciaria e denominado REVSOL – Solução em Revestimento (ARCELORMITTAL, 2015).

Desse modo, pretende-se comparar o custo, durabilidade, qualidade e sustentabilidade, entre ambos os métodos de revestimento primário para estradas não pavimentadas. E, por fim, analisar a possibilidade de redução do custo e dos impactos ambientais causados pela extração de materiais de jazidas, aliada às significativas quantidades de resíduos industriais gerados anualmente, para a adequação de estradas não pavimentadas.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

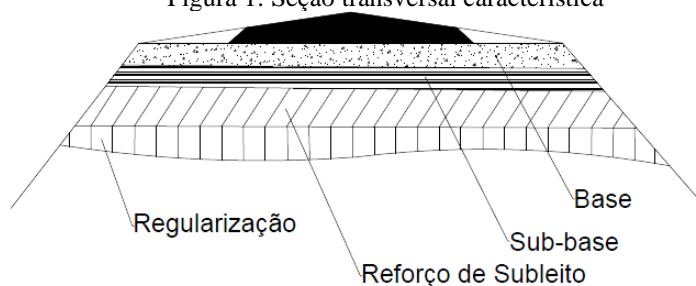
De acordo com Bertuzzo (2015), as estradas com revestimento primário no Brasil, não apresentam revestimento superficial específico e recebem ínfima porção de investimentos quando comparado às estradas de pavimento flexível – mistura de ligante asfáltico e agregados. Esta deficiência, aliada à falta de estudos sobre o tema, resulta em vias, geralmente, com diminuta manutenção e uma série de patologias.

Nesse contexto, a fim de adequar as estradas vicinais a opção por revestimento primário contribui para melhoria das condições de acesso e durabilidade das vias. Conforme definições do Departamento de Estradas de Rodagem – DER (2006):

O revestimento primário compreende a execução de camada granular, composta por agregados naturais ou artificiais, aplicada sobre o reforço do subleito ou diretamente sobre o subleito compactado em rodovias não pavimentadas, com a função de assegurar condições de rolamento e de aderência do tráfego satisfatórias, mesmo sob condições climáticas adversas (DER, 2006).

Para Rossi (2017), a estrutura do pavimento é composta de camadas que serão executadas após a terraplenagem da área e que variam conforme a solicitação do tráfego do local. Desse modo, as camadas de um pavimento, no geral, consistem em regularização, reforço de subleito, sub-base e base. Vide Figura 1 abaixo:

Figura 1: Seção transversal característica



### SEÇÃO TRANSVERSAL

SEM ESCALA

Fonte: Produzido pelo autor, 2021.

Conforme definições do DNER (1997), a camada de regularização apresenta espessura variável e está destinada a nivelar as depressões do subleito ou da camada de rolamento. O reforço de subleito, por sua vez, é uma faixa que objetiva reduzir a espessura da sub-base, a fim de adequá-la aos objetos técnicos e econômicos da via. A sub-base é complementar à base, e é executada quando for cabível reduzir a espessura da base, a qual está destinada a receber o revestimento e resistir aos esforços verticais provenientes dos veículos, distribuindo-os ao subleito.

De acordo com o DER (2006), para a execução do revestimento primário podem ser utilizados agregados de origem natural ou artificial, ou seja, “[...] saibro, cascalho, rocha decomposta, seixo rolado ou não, pedregulho, areia, material sílico-argilosos, subprodutos industriais, escórias, ou mistura de quaisquer um deles”.

Nesse contexto, a NBR 13529/2013 define o saibro utilizado como agregado natural para revestimento primário como “[...] solos provenientes de granitos e gnaisses, com minerais parcialmente decompostos, sendo arenosos ou siltosos, com baixo teor de argila, e de cor variada.” Oliveira (1989), por sua vez, explana que o saibro é uma mistura de areia e argila, de origem sedimentar, que fora transportado e depositado pela ação da água.

Por outro lado, o uso de coprodutos industriais para a execução da camada granular resulta em revestimentos alternativos como proposta de melhora no desempenho qualitativo de estradas a baixo custo, como por exemplo o agregado siderúrgico

denominado por REVSOL, ou seja, material obtido a partir do beneficiamento da escória de aciaria, gerada na transformação do ferro-gusa em aço (ARCELORMITTAL, 2015).

Para Senço (2001), a escória de aciaria pode ser considerada um composto formado a partir da fusão de óxidos e silicatos resultantes da produção e beneficiamento do aço.

De acordo com Cardoso e Dias (2014), o beneficiamento da escória de aciaria para a obtenção de REVSOL objetiva conter suas reações expansivas, para que não haja formação de trincas e deformações no produto.

Ambos os insumos são utilizados sobre o reforço do subleito ou diretamente sobre o subleito compactado em vias não pavimentadas e, desse modo, oferecem condições de mobilidade e de aderência do tráfego satisfatórias, mesmo sob condições climáticas distintas.

Uma estrada não pavimentada, com pouca manutenção preventiva, em um curto período, apresenta uma série de patologias em sua camada de rolamento, como panelas, atoleiros, erosões e afloramentos de rochas, por exemplo, oferecendo risco à segurança do tráfego. Em geral, estes problemas são originados, desde a deficiência na estrutura da estrada, no sistema de drenagem, até no revestimento da via.

De acordo com Zoccal (2016), as patologias encontradas nas estradas vicinais são provenientes da influência dos perfis transversais, ou seja, cortes feitos por planos verticais, perpendiculares ao eixo da estrada e, perfis longitudinais, os quais resultam da interseção da via com a superfície vertical que contém seu eixo. Somado à ação dos perfis, destacam-se também os fatores climáticos, desde excesso ou escassez de chuvas até ações relacionadas aos relevos da região, como pode ser observado nas imagens abaixo:

Figura 2 – Trecho da estrada com segregação lateral



Fonte: Produzido pelo autor, 2021.

A Figura 2 demonstra a segregação lateral que, para Zoccal (2016), é resultante do lançamento de material granular, como o saibro, ausente de componente ligante e compactação adequada, que com fluxo de veículos, principalmente os de grande porte e ações das chuvas frequentes na região, se acumulam nos bordos da via. Com o acúmulo de sedimentos nas laterais das estradas, após as precipitações começa-se a observar problemas com erosão, pois a parcela da via destinada à drenagem ficou comprometida.

Figura 3 – Trecho com erosão evidenciada



Fonte: Produzido pelo autor, 2021.

A Figura 3, por sua vez, retratam a patologia que mais afeta as estradas rurais: os processos erosivos, os quais, conforme Zoccal (2016), são causados pela ausência ou ineficiência dos sistemas de drenagem influenciados, principalmente, pelo

dimensionamento errôneo do perfil longitudinal do pavimento e pelo acúmulo de sedimentos nos bordos da via.

Tais patologias demonstram a importância de um conjunto de intervenções, pautadas em projetos, que contribuam para a melhoria das condições de acesso e durabilidade das estradas; considerando os fatores ambientais presentes na região. Desse modo, é imprescindível que seja analisada a viabilidade técnica dos projetos de revestimento primário em saibro e REVSOL quanto aos custos, durabilidade, qualidade e sustentabilidade.

## **DURABILIDADE E QUALIDADE**

Conforme estudos realizados por Pedro *et. al* (2019), o saibro possui uma qualidade excelente quando utilizadas em subleitos de pavimentos e terraplanagem, devido a sua elevada resistência de suportar cargas.

Todavia, segundo GEIPOT (1981), pavimentos revestidos com argila são menos suscetíveis ao acréscimo de irregularidades no decorrer dos anos, e isso se deve à capacidade de aglutinação da argila, que a torna um bom material para o revestimento de estradas. Desse modo, os saibros apresentam baixo teor de argila, resultando em baixa resistência aos esforços horizontais provocados pelos desgastes da superfície de rolamento.

Apesar do saibro ser amplamente empregado como reforços e sub-bases, a Associação Brasileira Das Empresas Distribuidoras De Asfalto – ABEDA (2010) afirma que mesmo apresentando valores de Índice de Suporte Califórnia CBR (ensaio que estabelece a estimativa de resistência de um material) elevados, os saibros podem apresentar alta deformabilidade devido sua condição geotécnica, ou seja, ser arenoso. Desse modo, resulta na ocorrência de recalques imediatos nos momentos iniciais ao carregamento do pavimento, os quais podem gerar desníveis na via acabada e revestida.

Além disso, requer estudos cuidadosos com sua resistência mecânica, pois, em determinados casos, podem apresentar desempenho frível, ou seja, se desfazer com facilidade sob aplicação de carregamento dinâmico, como é no caso do tráfego das vias vicinais (MACHADO, 2015).

Já o emprego de escória de aciaria beneficiada e transformada em REVSOL para revestimento das camadas de pavimentos se torna uma alternativa viável técnica, econômica e ecologicamente, visto que, conforme pesquisas realizadas, suas propriedades físicas como resistência à compressão, expansibilidade e absorção de água são, na maioria das vezes, equivalentes ou superiores à de agregados comumente utilizados, como o saibro (SCHUMACHER, 2018).

De acordo com estudos realizados por Schumacher (2018), o REVSOL utilizado como revestimento primário apresenta elevada capacidade de resistência à carga, propriedade cimentante, sua manutenção é pontual e não recorrente e, desse modo, não extrapola dispêndios financeiros para reparos.

No que diz respeito a durabilidade da pavimentação com ambos os métodos de revestimento primário, tem-se que a adequação feita com saibro necessita de manutenções periódicas e recorrentes, principalmente após pluviosidade intensa, devido a formação de lama na camada de rolamento da via e/ou segregação lateral do material, resultando no aumento dos custos com manutenções (MOURA, 2010).

Não somente, sua condição geotécnica arenosa e friável resulta na ocorrência de recalques imediatos nos momentos iniciais ao carregamento do pavimento, os quais podem gerar desníveis na via acabada e revestida, levando à necessidade de reparos (MACHADO, 2021).

## **SUSTENTABILIDADE**

A sustentabilidade nos dias de hoje é uma preocupação em todos os setores e, na construção civil não é diferente. Os estudos por soluções alternativas que reduzam os impactos ambientais e potencializem a viabilidade econômica nos diversos ramos da Engenharia crescem exponencialmente. Todavia, a exploração dos recursos naturais voltados para a construção civil, como areia, seixo e saibro ainda é grande e resulta em impactos, principalmente ambientais.

Diante dessa realidade, a exploração das jazidas de saibro, encontradas entre o solo e a rocha matriz ainda não intemperizada, segundo Silva e Toledo (2010), provoca



grandes alterações no terreno, uma vez que para atingi-lo, é inevitável a retirada da cobertura superficial do solo, levando a intensificação de processos erosivos.

Acrescido à intensificação de processos erosivos, Guerra (1994) e Araújo (2005) atribuem à exploração de saibro, o avanço do assoreamento nos mananciais hídricos das regiões de extração e nas regiões onde são depositados.

Pelo exposto, a possibilidade de redução do custo e dos impactos ambientais causado pela extração de materiais de jazidas, aliada às significativas quantidades de resíduos industriais gerados anualmente, têm estimulado as pesquisas sobre a utilização de resíduos siderúrgicos para diversas finalidades.

Segundo a Norma ABNT NBR 10.0004/2004, o REVSOL pertence à Classe II-B: Resíduo não perigoso inerte, ou seja:

Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor [...] (ABNT NBR, 2004).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Siderurgia – IBS (2018), a geração de coprodutos e resíduos é expressiva no processo de produção de aço. Para cada tonelada de aço bruto produzido, é gerado, aproximadamente, 607Kg de coprodutos e resíduos, dos quais, cerca de 170,0Kg, são de escória de aciaria.

O beneficiamento da escória para a obtenção de REVSOL e posterior uso como revestimento primário, resulta, além de uma alternativa de disposição do material para as empresas produtoras, em uma transformação do que antes era tratado como lixo, em pavimentação. Nos termos de Nóbrega (2007), a concentração crescente do resíduo nos pátios dos polos industriais gera elevados custos de deposição, exigindo amplas áreas e medidas constantes para satisfazer as leis ambientais vigentes.

Desse modo, ao se aproveitar um rejeito, é evitada a busca por novas jazidas de materiais de construção, como é o caso do saibro, ao mesmo tempo em que se reduzem os acúmulos de material nas indústrias minerária e siderúrgica.

Enquanto a extração de saibro gera impactos ambientais relacionados à intensificação dos processos erosivos e do assoreamento nos mananciais hídricos, aproveitar os resíduos siderúrgicos que anteriormente seriam descartados, contribui econômica e ambientalmente para o desenvolvimento sustentável, além de auxiliar na redução de manutenções corretivas e preventivas de veículos e vias (MEDEIROS, 2019).

Todavia, a pavimentação de estrada vicinais com o uso de REVSOL deve ser acompanhada por medidas de segurança, através de análises de solo, das propriedades dos agregados siderúrgicos, além de seguir as disposições das normas do DNIT e DER para não transferir um problema ambiental para as obras de infraestrutura.

## **METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA**

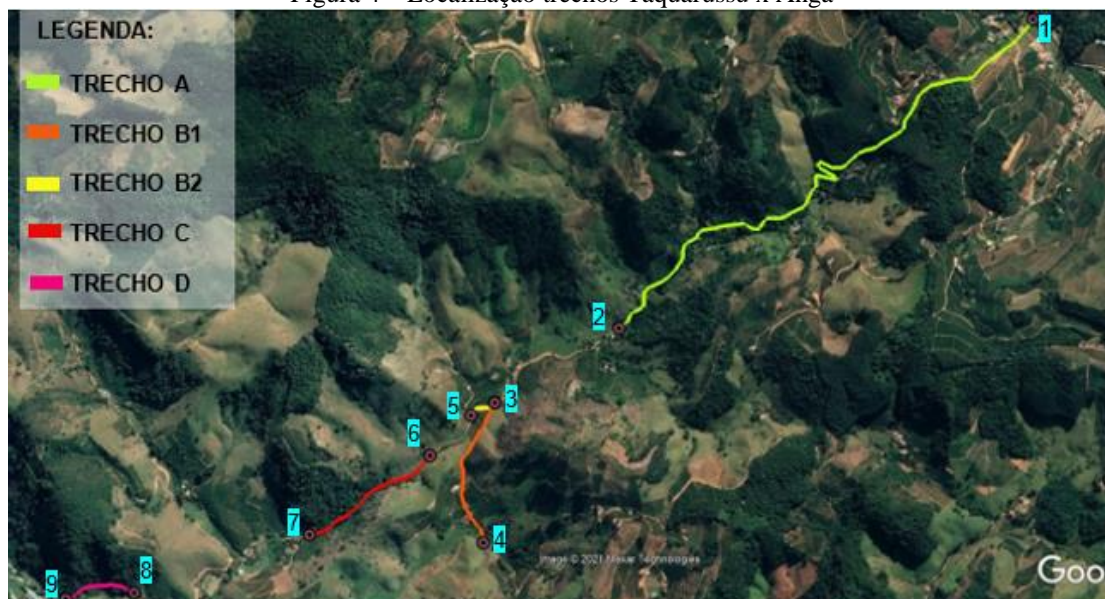
A pesquisa científica entre os métodos de revestimento primário em REVSOL e saibro será executada através da abordagem mista e terá como objeto os trechos mais críticos entre as comunidades Taquarussu x Angá, no interior do município de Conceição do Castelo. De acordo com Gil (2017), as pesquisas mistas reúnem características das abordagens de pesquisas qualitativa e quantitativa. Para o mesmo autor, uma abordagem qualitativa pode ser expressa a partir de descrições verbais, enquanto a quantitativa, a partir de termos numéricos. Portanto, para atingir os objetivos do estudo, será necessário ampliar e aprofundar o entendimento através da associação “qualiquantitativa”.

Para que o estudo fosse possível, houve um levantamento bibliográfico sobre estradas vicinais, revestimento primário, saibro e REVSOL. Os principais autores que contribuíram com o trabalho foram Schumacher (2018), Machado (2015), Nóbrega (2007) e Medeiros (2019). Além disso, baseou-se nas normas DNIT nº 141/2010, por se tratar do modelo técnico oficialmente utilizado na definição de procedimentos para execução de revestimentos primários, DER/SP (2006) como manual de revestimento primário, bem como as NBR 10004/2004, 13529/2013 e 16633-4/2017 para definições essenciais.

Para responder à questão-problema, serão apresentadas análises comparativas através de tabelas, numa amostra de 4950,00m compreendida entre as comunidades Taquarussu x Angá – Conceição do Castelo, conforme Figura 4 abaixo, a fim de comparar

o orçamento, durabilidade, qualidade e sustentabilidade entre as técnicas de revestimento primário alternativo REVSOL e saibro para o trecho experimental em condições críticas.

Figura 4 – Localização trechos Taquarussu x Angá



Fonte: Produzido pelo autor, 2021.

Para cada ponto traçado no mapa acima, foram obtidas coordenadas geográficas apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1 – Coordenadas Geográficas

LOCAL DE APLICAÇÃO	COORDENADAS (início)	COORDENADAS (fim)
TRECHO A	(1) 20°24'10.52"S; 41°13'8.15"O	(2) 20°25'0.69"S; 41°14'17.84"O
TRECHO B1	(3) 20°25'12.60"S; 41°14'38.40"O	(4) 20°25'34.34"S; 41°14'39.84"O
TRECHO B2	(3) 20°25'12.60"S; 41°14'38.40"O	(5) 20°25'14.64"S; 41°14'42.29"O
TRECHO C	(6) 20°25'20.95"S; 41°14'49.00"O	(7) 20°25'33.44"S; 41°15'8.65"O
TRECHO D	(8) 20°25'42.66"S; 41°15'37.33"O	(9) 20°25'43.73"S; 41°15'48.56"O

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A formação do orçamento será pautada nas normas técnicas da NBR 16633-4/2017, a qual dispõe sobre elaboração de orçamentos e formação de preços de empreendimentos de infraestrutura. A composição dos custos formar-se-á a partir dos referenciais de preço do Instituto de Obras Públicas do Estado do Espírito Santo (IOPES) de competência do DER/ES e, Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Cada tabela de composição utilizada fornece referência de consumo de materiais, mão de obra e equipamentos para o Estado do Espírito Santo, os

quais permitem elaborar o orçamento. As datas bases dos referenciais são respectivamente, junho de 2020 para rodovias – IOPEs e março de 2021 – SINAPI.

Para discorrer sobre durabilidade e qualidade, será feita revisão bibliográfica através de estudos realizados por GEIPOT (1981), Machado (2015) e Schumacher (2018).

Por fim, será analisada a sustentabilidade para ambos os métodos, de modo que para a extração do saibro das jazidas, existe a intensificação de processos erosivos, e conforme Guerra (1994) e Araújo (2005), avanço do assoreamento nos mananciais hídricos tanto das regiões de extração quanto nas regiões onde são depositados. Já ao analisar o agregado siderúrgico REVSOL, será possível observar uma alternativa de disposição do material para as empresas produtoras e uma transformação do que antes era tratado como lixo, em pavimentação, ou seja, contribuição econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável.

Após visita “*in loco*”, foram coletados dados de fundamental importância para compor o projeto básico de intervenção no trecho de estudo.

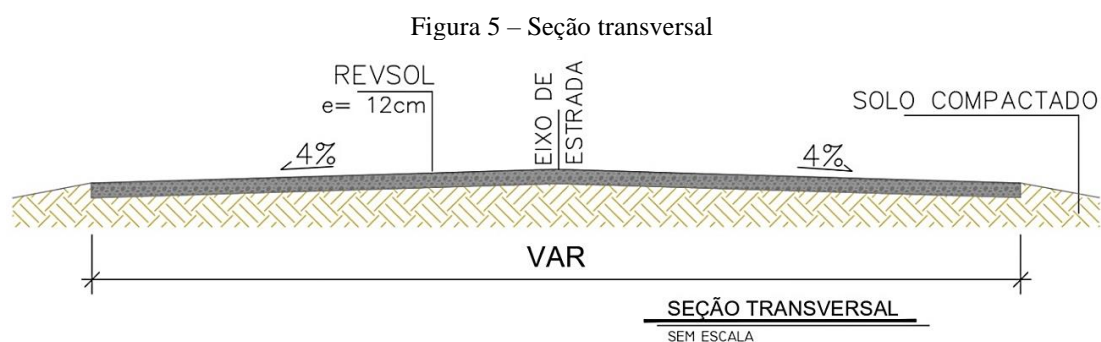
Portanto, para realizar a pavimentação com saibro, os trechos existentes entre as comunidades Taquarussu x Angá necessitam de limpeza de suas margens e regularização dos leitos com auxílio de motoniveladora para obter uma inclinação adequada, a fim de evitar o acúmulo de água ao longo dos percursos (FATTORI,2007).

Após executada a limpeza e regularização do subleito, o saibro, deverá ser escavado e transportado da jazida – “saibreira”, até os trechos indicados. Com auxílio de uma motoniveladora, o material será espalhado e, por conseguinte, compactado com um rolo tipo “liso”, atingindo uma espessura de 12cm. Segundo o DNIT (2010), a espessura da camada compactada não deve ser inferior a 10 cm, nem superior a 20 cm.

O revestimento primário a ser realizado com agregado siderúrgico REVSOL, por sua vez, não dispensa a regularização dos trechos com motoniveladora, visto que é imprescindível a inclinação adequada do terreno. Após a regularização, o REVSOL deverá ser misturado com solo argiloso, na proporção de 70% e 30%, respectivamente. Conforme Oda (1995), durante a mistura, a adição de argila ao material granular objetiva agir como ligante e regularizar a superfície final de rolamento, enquanto o uso do material

granular objetiva elevar o atrito entre a pista e as rodas dos veículos. De acordo com a norma DNIT nº 141/2010, a mistura dos materiais pode ocorrer previamente – mistura prévia – nas chamadas “centrais de mistura” para posterior carregamento ao local de aplicação.

Após misturado, o material deverá ser distribuído pelo trecho com auxílio da motoniveladora na espessura de 12cm, conforme seção transversal apresentada na Figura 5 abaixo:



Fonte: Produzido pelo autor, 2021.

Por conseguinte, deverá ser realizada a homogeneização da mistura com trator de grade, e umectação com caminhão pipa. Após a umidificação, deve-se proceder nova homogeneização com trator grade para que a umidade seja uniforme em todo o trecho. Por fim, será necessário compactar o pavimento com rolo vibratório do tipo “liso” (DER,2020).

O modelo adotado para realizar o estudo comparativo entre os métodos de pavimentação, bem como materiais, mão de obra e equipamentos, foram embasados, além dos padrões do DNIT e DER, nos projetos básicos aprovados pela Caixa Econômica Federal, fornecidos pela Prefeitura Municipal de Conceição do Castelo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a análise de viabilidade do uso do saibro ou REVSOL como revestimento primário nos trechos Taquarussu x Angá, foram discutidas em relação ao orçamento, sustentabilidade, durabilidade e qualidade.

Para os trechos de estudo foram utilizadas as informações dispostas a partir da Tabela 2:

Tabela 2 – Relação de quantidades

LOCAL DE APLICAÇÃO	Comprimento (m)	Largura média (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Espessura (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
TRECHO A	3000,00	5,50	16500,00	0,120	<b>1980,00</b>
TRECHO B1	750,00	5,00	3750,00	0,120	<b>450,00</b>
TRECHO B2	140,00	5,00	700,00	0,120	<b>84,00</b>
TRECHO C	710,00	5,00	3550,00	0,120	<b>426,00</b>
TRECHO D	350,00	5,00	1750,00	0,120	<b>210,00</b>
<b>TOTAL =</b>	<b>4950,00</b>		<b>26250,00</b>		<b>3150,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A formação orçamentária da adequação das estradas vicinais por saibro está descrita na Tabela 3.

Tabela 3 – Orçamento revestimento primário em saibro

ESPECIFICAÇÃO	ORÇAMENTO			
	Unid	Quant	Valor Unitário	Valor Total
<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>				<b>R\$ 24.139,50</b>
Limpeza mecanizada de camada vegetal, vegetação e pequenas árvores (diâmetro de tronco menor que 0,20 m), com trator de esteiras. AF_05/2018	m <sup>2</sup>	26250,00	R\$ 0,39	R\$ 10.237,50
Escavação e carga de material de 1ª categoria com escavadeira	m <sup>3</sup>	3150,00	R\$ 3,58	R\$ 11.277,00
Regularização de superfícies com motoniveladora. AF_11/2019	m <sup>2</sup>	26250,00	R\$ 0,10	R\$ 2.625,00
<b>TRANSPORTE</b>				<b>R\$ 137.907,72</b>
Carga, manobra e descarga de solos e materiais granulares em caminhão basculante 6 m <sup>3</sup> - carga com pá carregadeira (caçamba de 1,7 a 2,8 m <sup>3</sup> /128 hp) e descarga livre (unidade: m <sup>3</sup> ). AF_07/2020	m <sup>3</sup>	3150,00	R\$ 7,69	R\$ 24.223,50
Transporte com caminhão carroceria 9t, em via urbana pavimentada, até 30km (unidade: TXKM). AF_07/2020	txkm	19202,40	R\$ 1,70	R\$ 32.644,08
Transporte com caminhão carroceria 9t, em via urbana em revestimento primário (unidade: TXKM). AF_07/2020	txkm	43805,48	R\$ 1,85	R\$ 81.040,14
<b>PAVIMENTAÇÃO</b>				<b>R\$ 148.491,00</b>
Estabilização granulométrica de solos c/ mistura de areia na pista 100% P.M. (80%, 20%) exclusive transporte	m <sup>3</sup>	3150,00	R\$ 22,38	R\$ 70.497,00
Execução e compactação de base e ou sub base para pavimentação de solos estabilizados granulometricamente com mistura de solos em pista - exclusive solo, escavação, carga e transporte. AF_11/2019	m <sup>3</sup>	3150,00	R\$ 24,76	R\$ 77.994,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 310.538,22</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A Tabela 4 dispõe a formação orçamentária da implantação do REVSOL no mesmo trecho, nas proporções de 70% REVSOL e 30% argila:

Tabela 4 – Orçamento revestimento primário em REVSOL

ESPECIFICAÇÃO	Unid	Quant	ORÇAMENTO	
			Valor Unitário	Valor Total
<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>				<b>R\$ 12.862,50</b>
Limpeza mecanizada de camada vegetal, vegetação e pequenas árvores (diâmetro de tronco menor que 0,20 m), com trator de esteiras. AF_05/2018	m <sup>2</sup>	26250,00	R\$ 0,39	R\$ 10.237,50
Regularização de superfícies com motoniveladora. AF_11/2019	m <sup>2</sup>	26250,00	R\$ 0,10	R\$ 2.625,00
<b>TRANSPORTE</b>				<b>R\$ 68.593,12</b>
Escavação vertical a céu aberto, em obras de infraestrutura, incluindo carga, descarga e transporte, em solo de 1ª categoria com escavadeira hidráulica (caçamba: 1,2 m <sup>3</sup> / 155 hp), frota de 3 caminhões basculant es de 18 m <sup>3</sup> , dmt até 1 km e velocidade média 14km/h. AF_05/2020	m <sup>3</sup>	945,00	R\$ 7,44	R\$ 7.030,80
Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> , em via urbana pavimentada, adicional para dmt excedente a 30 km (unidade: TXKM). AF_07/2020	txkm	49376,25	R\$ 0,52	R\$ 25.675,65
Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> , em via urbana em leito natural (unidade: TXKM). AF_07/2020	txkm	22713,08	R\$ 1,58	R\$ 35.886,67
<b>PAVIMENTAÇÃO</b>				<b>R\$ 302.967,00</b>
Base com mistura de argila 30% e escória de aciaria 70%, inclusive fornecim. e transporte da escória, exclusive fornecimento e transporte da argila	m <sup>3</sup>	3150,00	R\$ 96,18	R\$ 302.967,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 384.422,62</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Desse modo, a partir da análise das tabelas, depreende-se que a pavimentação orçada em REVSOL, supera em R\$ 73.884,40, o valor bruto do orçamento da revitalização feita em saibro; o que equivale a um valor 23,79% mais alto, para as mesmas condições de comprimento, largura e espessura dos trechos.

Os maiores dispêndios financeiros entre os orçamentos se deram através dos itens de “transporte” e “pavimentação” propriamente dita.

No caso do ensaibramento, o item “transporte” contempla desde à escavação do saibro, carregamento em caminhão basculante e transporte do material da jazida até o local de aplicação, percorrendo trechos em via urbana pavimentada e em revestimento primário. A “pavimentação”, por sua vez, corresponde ao custo do saibro de R\$ 22,38/m<sup>3</sup>; bem como a execução e compactação do subleito pavimentado (DER/ES,2020).

Já no orçamento para o revestimento feito em REVSOL, o item “transporte” considera a escavação da argila, carregamento em caminhão basculante, transporte do material até a central de mistura e transporte da mistura 70%:30% nos trechos em via urbana pavimentada e em leito natural até o local de aplicação. Já o item “pavimentação”

integra em sua composição: os equipamentos, mão de obra, material a ser utilizado e o transporte da sede da ArcelorMittal Tubarão – Serra/ES, fornecedora do agregado, até a central de mistura em Conceição do Castelo para a execução do revestimento primário (DER/ES, 2020).

Além disso, enquanto a extração de saibro gera impactos no meio ambiente, como por exemplo, desmatamento, intensificação dos processos erosivos, assoreamento nos cursos hídricos; o REVSOL é obtido pelo aproveitamento de resíduos siderúrgicos que anteriormente seriam descartados, desta forma contribui ambientalmente para o desenvolvimento sustentável (MEDEIROS, 2019).

## **CONCLUSÕES**

O objeto de estudo é direcionado aos métodos de revestimento primário de estradas vicinais, abordando a sustentabilidade, durabilidade, qualidade, bem como o comparativo de orçamentos em ambos os métodos. Após mapeamento realizado pela Prefeitura de Conceição do Castelo, observou-se que cerca de 80% da rede de estradas de rodagem é de terra. Essas vias interligam mais de 28 comunidades rurais a sede do município e adjacências.

Nos trechos entre as comunidades rurais Taquarussu x Angá, utilizados como base do estudo, foram observados problemas técnicos que dificultam o tráfego dos moradores e escoamento da produção e, portanto, necessitam de adequações. Em vista disto, o agregado siderúrgico REVSOL e o saibro se tornaram alternativas viáveis para o melhoramento qualitativo das vias.

Um aspecto que influencia diretamente na escolha do material a ser aplicado como revestimento primário das vias além do preço, é a sustentabilidade. O saibro, apesar de possuir propriedades que tornam o processo de revestimento ágil, também apresenta alta deformabilidade devido sua condição geotécnica, provoca recalque imediato no momento que há carregamento sobre o pavimento, além de gerar impactos ao meio ambiente, como, desmatamento, intensificação dos processos erosivos, e assoreamento nos cursos hídricos da região.



O agregado siderúrgico REVSOL, por sua vez, apresenta elevada capacidade de resistência à carga, oferecendo condições de mobilidade e de aderência satisfatórios, mesmo sob condições climáticas adversas, sua manutenção é pontual e a longo prazo, e não exige dispêndios financeiros para reparos. Não obstante, é obtido através do reaproveitamento e beneficiamento de resíduos siderúrgicos, contribuindo assim com o desenvolvimento sustentável e com o meio ambiente.

Logo, os resultados provenientes das comparações evidenciaram, que o REVSOL tende a ser viável economicamente quando comparado ao saibro a médio e longo prazo, apesar do alto custo inicial, visto sua manutenção não recorrente e a vantagens técnicas e sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO G. H. S.; RIBEIRO, A.J; GUERRA, A.J.T. **Gestão Ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 320 p., 2005.

ARCELORMITTAL BRASIL. **Programa Novos Caminhos**: mobilidade com sustentabilidade / ArcelorMittal Brasil; Shirley Ribeiro (Editor); Wellington José Chagas Torres Junior (Ilustrador). – Serra: A Empresa, 2015. 78 p. : il. ; 25 cm. ISBN 978-85-69822-00-4.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTOS. **ABEDA: Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16633-4: Elaboração de orçamentos e formação de preços de empreendimentos de infraestrutura. Parte 4: Execução de obras de infraestrutura**. Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. Rio de Janeiro, 1997.

BERTUZZO, Rosélia Franciela. **Proposta de métodos para dimensionamento de pavimentos com revestimento primário**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2015.

Cardoso, A. V. M.; Dias, F. M. A utilização de escória de aciaria para manufatura de blocos de pavimentação. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, p. 3673- 3679, nov. 2014. Disponível em : <http://www.metallum.com.br/21cbecimat/CD/PDF/215-041.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2021.

Carlos, G. A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa, 6ª edição**. São Paulo: Grupo GEN, 2017. 9788597012934. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597012934/>. Acesso em: 29 mai. 2021.

CONCEIÇÃO DO CASTELO, Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos. **Melhorias das estradas de acesso as comunidades Tinguá e Ribeirão de Santa Tereza**. Conceição do Castelo, 2020.

CONCEIÇÃO DO CASTELO, Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos. **Recupera estradas da área rural**. Conceição do Castelo, 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Anuário CNT do Transporte: Estatísticas Consolidadas. Brasília, 2020. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2020/Rodoviario/1-1-/Inicial>. Acesso em: 05 mai. 2021.

CUNHA, Marcio Angelieri *et al.* **Estradas Vicinais de Terra**: manual técnico para conservação e recuperação. 3. ed. rev. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2019. Disponível em: [http://acr.org.br/uploads/biblioteca/Manual\\_Estradas\\_Vicinais\\_PDF.pdf](http://acr.org.br/uploads/biblioteca/Manual_Estradas_Vicinais_PDF.pdf). Acesso em: 27 abr. 2021.

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E DE RODOVIAS DO ESPÍRITO SANTO. DER/ES. Preço referencial de serviços Junho 2020 sem desoneração. Espírito Santo, 2020.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO. DER/SP ET-DE-P00/013. Revestimento Primário. São Paulo, 2006.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2010. DNIT ES 141/2010: Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010, 9 p.

FATTORI, Bernardo José. **Manual para manutenção de estradas com revestimento primário**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

GEIPOT, Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, 1981. Pesquisa sobre o Interrelacionamento de Custos de Construção, Conservação e Utilização de Rodovias. Estudo sobre Custos dos Usuários, vol. 05. Relatório Final, Brasília.

GUERRA, A. J. T; DA CUNHA, S.B. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 93 – 199, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. Relatório de Sustentabilidade. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em:

<http://www.acobrasil.org.br/sustentabilidade/assets/pdfs/Aco-Brasil-Completo.pdf>.

Acesso em: 20 mai. 2021.

JUNIOR, Moacir de F.; MOREIRA, Marco A. L.; TOLOI, Rodrigo C. O transporte rodoviário no Brasil e suas deficiências. Refas. São Paulo, v. 4, n. 4, p. 2-6, jun. 2018.

Disponível em:

<http://revistarefas.com.br/index.php/RevFATECZS/article/view/191/167>. Acesso em:

22 mai. 2021.

MACHADO, Rodrigo. **Estudo aplicado da solução de projeto de pavimentação para pátio de estacionamento de ônibus**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Infraestrutura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/134012/TCC%20-%20Rodrigo%20Machado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 mai. 2021.

MEDEIROS, Kellen Poliana Mendes de. **Estudo do uso da escória siderúrgica de alto forno e estéril de mineração como alternativa de revestimento primário em estradas não pavimentadas**. 2019. 98 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em:

<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/31300/1/PDFA%20Estudo%20do%20uso%20da%20esc%C3%B3ria%20sider%C3%B3rgica%20de%20alto%20forno%20e%20est%C3%A9ril%20de%20minera%C3%A7%C3%A3o%20como%20alternativa%20de%20revestimento%20prim%C3%A1rio%20em%20estradas%20n%C3%A3o%20pavimentadas.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2021.

MOURA, Edson de. **Estudo de deformação permanente em trilha de roda de misturas asfálticas em pistas e em laboratório**. 2010. 299 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-17082010-094223/publico/Tese\\_Edson\\_de\\_Moura.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-17082010-094223/publico/Tese_Edson_de_Moura.pdf). Acesso em: 20 mai. 2021.

NÓBREGA, L. M. **Caracterização Mecânica de Misturas Asfálticas Utilizando Escória de Ferroliga de Manganês como Agregado**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

NUNES, Tercia Valfridia Lima. **Métodos de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso das redes neurais artificiais**: trecho de Aquiraz – CE. 2003. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003. Disponível em:

[http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/4904/1/2003\\_dis\\_tvlnunes.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/4904/1/2003_dis_tvlnunes.pdf). Acesso em: 08 mai. 2021.

ODA, Sandra. Caracterização de uma rede municipal de estradas não-pavimentadas. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Transportes (Estradas e Aeroportos)) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

OLIVEIRA, Marilda Barra de; AGOPYAN, Vahan. **Verificação de algumas propriedades de argamassas com saibro da região de Uberlândia para assentamento de tijolos cerâmicos**. 1989. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.  
 PEDRO, Fernando Massora *et al.* Análise geotécnica do saibro do posto administrativo de Mafambisse, Distrito do Dondo – Sofala (Moçambique). **EDUCAmazônia**, Amazonas, ano 12, v. XXIII, n. 2, jul-dez, 2019, p. 349-364. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/educamazonia/article/download/6731/4727/>. Acesso em: 20 mai. 2021.

PINHEIRO, Alexandre V. S.; SALOMÃO, Pedro E. A.; SILVA, Matheus F. S. Patologias em estradas vicinais: a importância da manutenção e conservação de vias rurais para o desenvolvimento regional. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro ISSN 2178-6925**, Brasil, p. 3, 2020/2. Disponível em: [https://revistas.unipacto.com.br/storage/publicacoes/2020/503\\_patologias\\_em\\_estradas\\_vicinais\\_a\\_importancia\\_da\\_manutencao\\_e\\_conserva.pdf](https://revistas.unipacto.com.br/storage/publicacoes/2020/503_patologias_em_estradas_vicinais_a_importancia_da_manutencao_e_conserva.pdf). Acesso em: 08 abr. 2021.

ROSSI, Anna Carolina. **Etapas de uma obra de pavimentação e dimensionamento de pavimento para uma vila na Ilha do Fundão**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

SCHUMACHER, Aécio Guilherme. **Avaliação dos efeitos da expansão de agregados siderúrgicos nas características do material e no desempenho de misturas asfálticas**. 2018. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018. Disponível em: [http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10687/1/tese\\_12503\\_AECIO%20GUILHERME%20SCHUMACHER.pdf](http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10687/1/tese_12503_AECIO%20GUILHERME%20SCHUMACHER.pdf). Acesso em: 20 mai. 2021.

SENÇO, W. Manual de Técnicas de Pavimentação, volume II. Editora Pini. Segunda Edição. São Paulo, SP, 2001.

SILVA, Kerline Maria da; TOLEDO, Cristiane Campos. Diagnóstico de área degradada por extração de saibro. Vianna Sapiens, Juiz de Fora, v.1, edição especial, OUT/2010.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. SINAPI/ES. Relatório de Insumos e Composições Março 2021 - não desonerado. Espírito Santo, 2021.

ZOCCAL, J. C.; SILVA, P. A. R., Soluções: Caderno de Estudos em Conservação do Solo e da Água. 2 ed. São José do Rio Preto, Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo – CODASP, 2016, 118 p.