



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E
TERRITÓRIO (ILATIT)**

GEOGRAFIA (BACHARELADO)

**DINÂMICA TERRITORIAL E ANÁLISE DA PAISAGEM ADJACENTE À
ESTRADA
MURILLO - LA ESPERANZA**

JORGE MOISÉS MENDIETA RODRÍGUEZ

Foz do Iguaçu
2025



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA
E TERRITÓRIO (ILATIT)**

GEOGRAFIA (BACHARELADO)

**DINÂMICA TERRITORIAL E ANÁLISE DA PAISAGEM ADJACENTE À
ESTRADA
MURILLO - LA ESPERANZA**

JORGE MOISÉS MENDIETA RODRÍGUEZ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Fernando Adami

Foz do Iguaçu
2025

JORGE MOISÉS MENDIETA RODRÍGUEZ

**DINÂMICA TERRITORIAL E ANÁLISE DA PAISAGEM ADJACENTE À
ESTRADA
MURILLO - LA ESPERANZA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Samuel Fernando Adami
UNILA

Prof. Dr. Diego Moraes Flores
UNILA

Prof. Dr. Marcelo Augusto Rocha
UNILA

Foz do Iguaçu, _____ de _____ de _____

AGRADECIMENTOS

Agradezco de forma especial a mi familia que siempre estuvo presente cuando mas necesite de su ayuda, de su sabiduría y de su apoyo, a mi profesor orientador por la disposición para guiarme en la consecución de este objetivo, y a la Unila por esta oportunidad de poder crecer tanto profesional como personal, por la posibilidad de compartir con personas de toda nuestra Latinoamérica y más.

A los profesores de la banca, por las recomendaciones recibidas buscando siempre el progreso de mi trabajo paso a paso y por las orientaciones para la vida profesional.

RESUMO

A pavimentação da rodovia Murillo - La Esperanza, que conecta os departamentos de Tolima e Caldas na Colômbia, atravessa a zona de amortecimento do Parque Nacional Natural Los Nevados (PNNN), gerando novas dinâmicas territoriais marcadas pelo aumento do turismo e pressões sobre um ecossistema de páramo estratégico. O objetivo deste trabalho foi analisar as mudanças no uso e cobertura da terra na área de influência da rodovia entre os anos de 2020 e 2024, compreendendo os impactos da infraestrutura na conservação ambiental. A metodologia adotou uma abordagem de métodos mistos: utilizou-se a revisão bibliográfica fundamentada nos conceitos de território e poder (Raffestin; Souza) para a análise qualitativa, e técnicas de geoprocessamento com dados da plataforma MapBiomias Colômbia (Coleção 3.0) para a análise quantitativa. Foi estabelecido um *buffer* de 1 km ao longo do eixo viário para a análise multitemporal dos anos 2020 (pré-pavimentação), 2022 (pós-pavimentação imediata) e 2024 (cenário atual). Os resultados permitiram mapear a predominância de atividades agropecuárias e vegetação herbácea andina, identificando as áreas de tensão entre o desenvolvimento da infraestrutura turística e a preservação ambiental.

Palavras-chave: Rodovia Murillo-La Esperanza. Parque Nacional Natural Los Nevados. MapBiomias. Território. Geoprocessamento.

RESUMEN

La pavimentación de la carretera Murillo - La Esperanza, que conecta los departamentos de Tolima y Caldas en Colombia, atraviesa la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Los Nevados (PNNN), generando nuevas dinámicas territoriales marcadas por el aumento del turismo y presiones sobre un ecosistema de páramo estratégico. El objetivo de este trabajo fue analizar los cambios en la cobertura y uso del suelo en el área de influencia de la vía entre los años 2020 y 2024, comprendiendo los impactos de la infraestructura en la conservación ambiental. La metodología adoptó un enfoque de métodos mixtos: se utilizó la revisión bibliográfica fundamentada en los conceptos de territorio y poder (Raffestin; Souza) para el análisis cualitativo, y técnicas de geoprocésamiento con datos de la plataforma MapBiomias Colombia (Colección 3.0) para el análisis cuantitativo. Se estableció un *buffer* de 1 km a lo largo del eje vial para el análisis multitemporal de los años 2020 (pre-pavimentación), 2022 (post-pavimentación inmediata) y 2024 (escenario actual). Los resultados permitieron cartografiar el predominio de actividades agropecuarias y vegetación herbácea andina, identificando las áreas de tensión entre el desarrollo de la infraestructura turística y la preservación ambiental.

Palabras clave: Vía Murillo-La Esperanza. Parque Nacional Natural Los Nevados. MapBiomias. Territorio. Geoprocésamiento.

ABSTRACT

The paving of the Murillo - La Esperanza highway, connecting the departments of Tolima and Caldas in Colombia, crosses the buffer zone of the Los Nevados National Natural Park (PNNN), generating new territorial dynamics marked by increased tourism and pressure on a strategic Páramo ecosystem. The objective of this study was to analyze changes in land use and land cover within the highway's area of influence between 2020 and 2024, understanding the impacts of infrastructure on environmental conservation. The methodology adopted a mixed-methods approach: a bibliographic review based on the concepts of territory and power (Raffestin; Souza) was used for qualitative analysis, while geoprocessing techniques using data from the MapBiomias Colombia platform (Collection 3.0) were employed for quantitative analysis. A 1 km buffer along the road axis was established for the multitemporal analysis of the years 2020 (pre-paving), 2022 (immediate post-paving), and 2024 (current scenario). The results allowed mapping the predominance of agricultural activities and Andean herbaceous vegetation, identifying areas of tension between tourism infrastructure development and environmental preservation

Keywords: Murillo-La Esperanza Highway. Los Nevados National Natural Park. MapBiomias. Territory. Geoprocessing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa Projeto Cambao - Manizales	14
Figura 2: Localização do Parque Nacional Natural Los Nevados.	21
Figura 3: Mapa Ecoturístico do Parque Nacional Natural Los Nevados	29
Figura 4: Interação dos diversos Tipos de Sensores	32
Figura 5: Localização Trecho Murillo-La Esperanza.....	41
Figura 6: Mapa Uso e cobertura da terra ano 2020	47
Figura 7: Mapa Uso e cobertura da terra ano 2022	49
Figura 8: Mapa Uso e cobertura da terra ano 2024	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentagem do Uso e Cobertura da Terra (2020).....	48
Gráfico 2: Porcentagem do Uso e Cobertura da Terra (2022).....	50
Gráfico 3: Porcentagem do Uso e Cobertura da Terra (2024).....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Zonas de manejo para o PNN Los Nevados	24
Quadro 2: Zonas Climáticas del PNN Los Nevados	40
Quadro 3: Unidades Funcionais do Trecho Murillo-La Esperanza.....	42
Quadro 4: Requisitos Técnicos da unidade Funcional (UF 4)	42
Quadro 5: Requisitos Técnicos da unidade Funcional (UF 5)	43

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	Contextualização	13
1.2.	Problematização	14
1.3.	Justificativa	15
1.4.	Objetivo(s):	15
1.5.	Estrutura do trabalho	16
2.	MARCO TEÓRICO	17
2.1.	O Território como Relação de Poder	17
2.2.	Legislação Ambiental e Planejamento de Áreas Protegidas	21
2.3.	Pressão Turística e a Degradação do Ecossistema	27
2.3.1.	Importância Estratégica	27
2.4.	Geoprocessamento	30
2.4.1	Sensoriamento Remoto	30
2.4.2.	Plataforma MapBiomias	33
3.	METODOLOGIA.....	34
3.1.	Caracterização da área de estudo	36
3.1.1.	Geologia	36
3.1.2.	Tipo de solo	37
3.1.3.	Relevo	38
3.1.4.	Clima	39
3.2.	Caracterização do projeto de Estudo	40
3.3.	Materiais	44
3.4.	Procedimentos Metodológicos	44
3.4.1.	Elaboração dos Mapas	44
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

A implantação de grandes infraestruturas, como rodovias, estabelece um vetor profundo de transformação territorial. A construção da rodovia “Murillo La Esperanza” no norte do departamento de Tolima, Colômbia, trouxe uma nova dinâmica econômica e ambiental para a região, pois seu traçado se localiza na zona de influência do Parque Nacional Natural Los Nevados (PNNN), com uma extensão de 54,6 km, e próxima de uma área que faz parte do Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). Desta forma, tornou-se necessária uma análise geográfica, através de ferramentas de geoprocessamento e análise multitemporal, que providenciasse dados para a conservação de um sistema de páramo importante para toda a população.

O objetivo principal da pesquisa foi avaliar as mudanças na paisagem da área de influência da pavimentação da rodovia Murillo - La Esperanza. A necessidade deste estudo foi motivada não apenas pela ausência de estudos atualizados sobre os efeitos da pavimentação numa via de alta importância para o PNNN, mas também, pelas implicações ambientais do projeto que contrapõe o desenvolvimento de infraestrutura à conservação ambiental num ecossistema frágil.

O projeto funcionou como um catalisador da nova dinâmica socioespacial. A nova conectividade mais rápida na região central da Colômbia, junto com as paisagens tornadas acessíveis pela pavimentação da rodovia, gerou um aumento indiscriminado do turismo em massa, resultando em impactos significativos que levaram à posterior restrição da circulação de veículos ('pico y placa ambiental'). A Corte Suprema de Justiça da Colômbia (2020) já havia manifestado preocupação, alertando que rodovias 4G impactariam tangencialmente o PNN Los Nevados ao cruzar sua zona de amortecimento.

Neste sentido, o problema central desta pesquisa foi formulado pela seguinte questão: de que forma a pavimentação da via alterou a dinâmica espaço-temporal da cobertura do solo e de que maneira essas mudanças evidenciam conflitos de uso da terra entre as normas de conservação da unidade de proteção e a expansão de outras atividades produtivas na zona de influência?

O estudo justificou-se pela necessidade de preencher uma lacuna no conhecimento sobre os efeitos de infraestruturas viárias em ecossistemas andinos e, sobretudo, em áreas destinadas à preservação e conservação do ecossistema. Ao fornecer dados atualizados através de sensoriamento remoto, esta pesquisa pode

subsidiar a tomada de decisão e a gestão territorial estratégica por parte dos órgãos ambientais e das comunidades locais.

O objetivo principal foi analisar a dinâmica na cobertura e uso do solo na área de influência da rodovia Murillo - La Esperanza entre 2020 e 2024, correlacionando os possíveis impactos na paisagem com os riscos socioambientais ao Parque Nacional Natural Los Nevados, utilizando a plataforma MapBiomias Colômbia.

1.1 Contextualização

O projeto de pavimentação da estrada Murillo - La Esperanza integrou um projeto ainda maior de reabilitação e pavimentação, que compreende o projeto de APP (Associação Público Privada) Cambao – Manizales, denominados como projetos viários 4G (quarta geração), que conecta os departamentos de Cundinamarca, Tolima e Caldas na Colômbia. Segundo a Agência Nacional de Infraestrutura (ANI, 2015), o objetivo do projeto foi desenvolver e potencializar uma outra opção de mobilidade para comunicar a cidade de Manizales com o centro do País. É neste sentido que inicia em torno ao Município de Cambao e culmina na Intersecção de La Esperanza no Departamento de Caldas. Como complementaridade, inclui-se o corredor viário Ibagué – Mariquita – Honda, para favorecer a mobilidade. Esta especificação no seu desenho e sua localização direciona a funcionalidade da infraestrutura para comunicação intermunicipal e para o turismo. Isso reflete no alto custo ambiental que representaria uma infraestrutura deste tipo para uma área protegida.

Figura 1: Mapa Projeto Cambao - Manizales



Fonte: Agencia Nacional de Infraestructura (2015)

1.2 Problematização

Esse projeto de infraestrutura funcionou como um catalisador na nova dinâmica socioespacial. As paisagens acessíveis pela nova rodovia geraram um aumento indiscriminado do turismo em massa, além do tráfego entre os departamentos de Caldas e Tolima, resultando em impactos tão significativos que levaram à posterior restrição da circulação de veículos ('pico y placa ambiental') (CARACOL RADIO, 2024), evidenciando a ausência de um planejamento da infraestrutura, confirmando a falta de um plano de manejo turístico na zona de influência.

Conforme a Corte Suprema de Justiça da Colômbia (2020, p. 5) afirmou:

que resulta preocupante a construção de rodovias nos Parques Nacionais Naturais, especialmente, aquelas catalogadas de quarta geração, como o Projeto Viário Cambao – Libano – Manizales, o qual «segundo o Plano de Manejo 2017-2022, impactará tangencialmente ao PNN Los Nevados, já que seu traçado passaria por uma zona de amortecimento da área protegida».

Neste sentido, o problema central desta pesquisa foi formulado pela seguinte questão: de que forma a pavimentação da via alterou a dinâmica espaço-temporal da

cobertura do solo e de que maneira essas mudanças evidenciam conflitos de uso da terra entre as normas de conservação da unidade de proteção e a expansão de outras atividades produtivas na zona de influência?

1.3 Justificativa

O presente estudo justifica-se na relevância de preencher uma lacuna no conhecimento sobre os efeitos da implantação de infraestruturas lineares para a população e para os ecossistemas frágeis de alta montanha nos Andes colombianos. Esta pesquisa, ao fornecer dados atualizados e técnicos, pode subsidiar as comunidades locais na negociação de medidas e oferecer aos órgãos ambientais e de governo interessados, informações cruciais, para a tomada de decisão e gestão territorial e estratégica da área de influência da rodovia.

1.4 Objetivo(s):

Geral

Analisar a dinâmica na cobertura e uso do solo na área de influência da rodovia Murillo - La Esperanza entre 2020 e 2024, correlacionando os possíveis impactos na paisagem com os riscos socioambientais ao Parque Nacional Natural Los Nevados.

Específicos

- Debater a categoria território com relação ao poder na gestão de unidades de conservação em projetos de infraestrutura.
- Mapear a dinâmica de uso e cobertura da terra, elaborando produtos cartográficos multitemporais (2020, 2023, e 2024) com base nos dados da coleção 3.0 do MapBiomias Colômbia.
- Quantificar as transições temporais das classes de uso do solo, gerando tabelas de áreas e gráficos estatísticos com os dados obtidos da coleção 3.0 de MapBiomias.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução, contextualizando a problemática, a justificativa e os objetivos da pesquisa. O segundo capítulo, referente ao Marco Teórico, discute a categoria de território como relação de poder, a legislação ambiental pertinente às áreas protegidas na Colômbia, a pressão do turismo sobre os ecossistemas e os fundamentos do geoprocessamento e sensoriamento remoto. O terceiro capítulo descreve a Metodologia, detalhando a caracterização da área de estudo (geologia, solo, clima), o projeto rodoviário e os procedimentos técnicos utilizados na elaboração dos mapas e estatísticas. O quarto capítulo dedica-se aos Resultados e Discussão, apresentando a análise multitemporal dos mapas de uso e cobertura da terra. Por fim, o quinto capítulo traz as Considerações Finais, sintetizando as conclusões obtidas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. O Território como Relação de Poder

O projeto de construção de uma infraestrutura é um eixo fundamental no desenvolvimento territorial, impactando diretamente na sua configuração socioespacial. Num contexto de globalização que valoriza fortemente a competitividade, tais intervenções são planejadas estrategicamente para tornar determinados lugares mais atrativos que outros, visando captar investimentos, além de concentrar maior desenvolvimento e obter vantagens comparativas. Este processo, contudo, gera diversos impactos complexos e multifuncionais para a área de influência.

Para a compreensão dessas dinâmicas é necessário reconhecer que a construção do território se dá mediante as relações sociais. Todavia, assim como é diverso o território, suas relações são igualmente, em sua maioria, assimétricas mediadas por interesses que são contraditórios. Para Raffestin (1993, p.60), “Toda relação é o ponto de surgimento do poder, e isso fundamenta a sua multidimensionalidade”. Sob essa ótica, é possível estabelecer que o território é essencialmente construído por relações de poder presentes no espaço. Corroborando essa visão, Souza (2013, p. 88) confirma categoricamente que “o que 'define' o território é, em primeiríssimo lugar, o poder”. Contudo, isso não quer dizer que a cultura e a economia, não sejam contempladas. “o verdadeiro *Leitmotiv* do conceito de território é político, e não econômico ou, como ocorre com o conceito de lugar, cultural-simbólico” (SOUZA, 2024, p.89).

Nessa perspectiva, qualquer tentativa de definir o território baseando-se apenas em sua materialidade para 'dar razão' à sua existência, falha em capturar sua real definição. Segundo Souza (2024), considerar equivocadamente o conceito de território com o substrato espacial material (edificações, campos de cultivo, feições “naturais”, objetos geográficos intangíveis) seria errado, assim como confundir o território com o lugar, acreditando que todas as facetas do espaço social se pudessem analisar com um único conceito, o que ignora a sua essência.

Conforme Raffestin (1993, p.153):

Falar de território é fazer uma referência implícita à noção de limite que, mesmo não sendo traçado, como em geral ocorre, exprime a relação que um grupo mantém com uma porção do espaço. A ação desse grupo gera, de imediato, a delimitação.

Aprofundando o conceito de Souza (2024), apesar de nem sempre ser óbvio (embora devesse ser), o poder só se desempenha em referência a um território e, muito comumente, utiliza o território como um meio para se exercer. Para Raffestin (1993, p.159), “O poder é inevitável e, de modo algum, inocente. Enfim, é impossível manter uma relação que não seja marcada por ele”. Nenhuma influência ou poder se torna real sem ter seus próprios limites espaciais, que são sempre perceptíveis, mesmo que sejam vagos.

Assim, embora, para Raffestin (1993, Pág.53,54):

Sendo coextensivo de qualquer relação, torna-se inútil distinguir um poder político, econômico, cultural etc. Sendo toda relação um lugar de poder, isso significa que o poder está ligado muito intimamente à manipulação dos fluxos que atravessam e desligam a relação, a saber, a energia e a informação, Manipulação? Isso quer dizer formação, acumulação, combinação e circulação da energia e da informação implicadas pela existência de um campo relacional, qualquer que seja.

Desta forma, a estrutura funcional do Estado exerce o poder no território e, nesse contexto, a implantação de infraestrutura viária traz consigo modificações estruturantes materiais ou não no território. Souza (2024, p.107) reforça que “alterações políticas que levem a um redesenho da malha territorial estão, igualmente, condicionando uma reestruturação espacial — ou, mais especificamente, territorial —, a qual, por sua vez, condicionará a dinâmica social subsequente”. O resultado é um condicionamento tanto político quanto econômico do espaço, que dita a ampliação ou diminuição de atividades produtivas e serviços, como o turismo.

Portanto, para Souza (2024) território não poderia considerar-se como matéria palpável, porém, sim, como zonas de força e tais características só existiriam enquanto se mantivesse a coesão das relações sociais estabelecidas. Nesse campo, as estruturas materiais se concretizam no território de forma visível, por isso, para Raffestin (1993, p.157), “redes rodoviárias, ferroviárias, de navegação. Essas redes que se traduzem por infraestruturas no território partem e/ou ligam sempre pontos precisos específicos. É a própria expressão da hierarquia dos pontos”. Desta forma, para Souza (2024) a equiparação errada entre território e substrato espacial, seria “coisificar” o

mesmo. É fundamental compreender que o território é uma manifestação espacial das relações de poder. Desta forma, suas fronteiras e limites são dinâmicos, mesmo que o suporte do substrato, sendo a base material, mude.

Neste sentido, a conexão mediante a infraestrutura viária entre dois estados modifica as dinâmicas territoriais e aumenta a circulação tanto de energia como de informação. Como descrito por Souza (2024), diversos interesses podem estar em disputa em determinado espaço, entre eles os recursos naturais; pode incidir o que ou quem produz numa área considerada; valor estratégico militar, entre outros.

A infraestrutura viária, ao ser implantada em determinado espaço, modifica o transporte e a comunicação. Conseqüentemente, e ao redor disso, altera também as formas de produção, introduzindo maior dinâmica no território, e oferecendo novas possibilidades para outros setores produtivos, como o de serviços.

Neste sentido, para Raffestin (1993, p.58), “o fim do poder é o comando e o domínio sobre os indivíduos e as coisas, poder-se-ia tomar como exemplo a tríade da geografia política, composta por população, território e recursos”. Justifica-se, assim, a importância que tem a população na gênese de todo o poder. Confirmado por Souza (2024) as relações sociais se compõem de várias dimensões, uma delas o poder, isso se expressa de forma espacial com o território. Assim, seria uma relação social que se torna espaço, porém, não diretamente material, como o é o substrato espacial, mesmo assim, o território depende de diversa maneira do substrato.

O território analisado pode ter uma capacidade maior ou menor de atração para o poder, isso depende em grande medida das capacidades materiais (recursos), e nem todos os territórios exercem o poder da mesma forma. Como afirma Raffestin (1993, p. 59), “na verdade, as relações são, na maioria das vezes, semelhantes a jogos de soma não nula”. Isso esclarece como as interações ocorrem na realidade espacial: desta forma, os atores presentes no território obtêm ganhos e perdas das relações que ali se projetam.

Segundo Raffestin (1993) no que tange aos meios mobilizados enquanto a poder é definido pela combinação entre energia e informação. Desta forma, é possível afirmar que existem estruturas de poder com forte componente informacional ou inversamente com predominância energética. O território, portanto, apresenta características impressas dos interesses que têm uma maior capacidade de poder (atores que têm

maior poder moldam o território e impõem seus interesses). Contudo, essa imposição não ocorre sem divergência: “Enfim, é admissível falar de resistência onde existe poder: resistência da matéria ou resistência do corpo social à transformação”. (RAFFESTIN, 1993, p. 56).

A tensão e a resistência ao poder no território, manifestam-se concretamente na criação de fronteiras. A noção de limite está presente em toda nossa existência, periodicamente estamos desenhando limites ou chocamos com eles. resultado das relações com os seres e as coisas é necessariamente estabelecer limites. Com isso as relações dependem da delimitação numa área, na qual inicia, é realizada e se extingue, (RAFFESTIN, 1993).

Neste contexto, o papel do geógrafo torna-se fundamental para decifrar essas dinâmicas. Como afirma Raffestin (1993) o geógrafo assume o seu lugar na frente de um sistema territorial, ele se encontra com uma produção trabalhada, já finalizada. Uma elaboração com possibilidade de mudança, mas com arraigo no território pronta para ser analisada. Toda análise territorial pressupõe a existência de uma linguagem. A ausência desse código inviabiliza qualquer leitura ou interpretação, e desta forma impedindo-se, a compreensão das práticas sociais responsáveis pela produção do território.

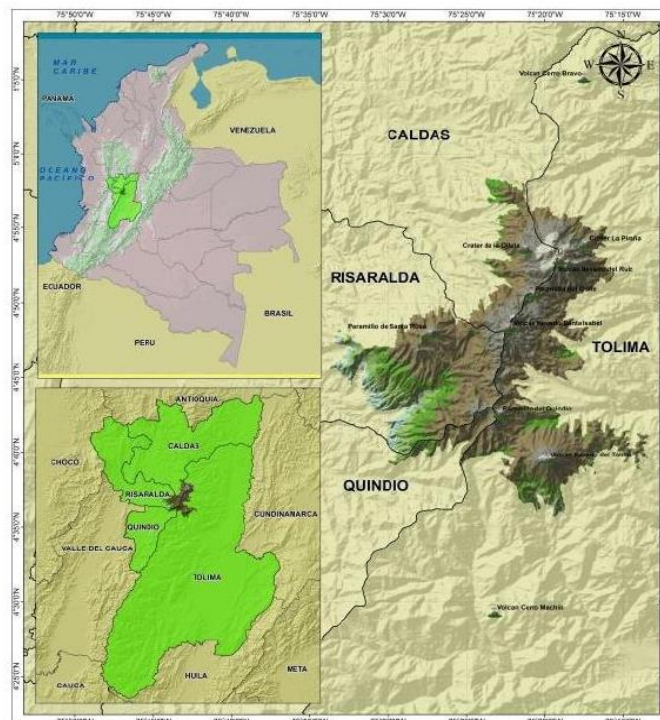
Para realizar essa leitura do território em questão, é imprescindível revisar os mecanismos legais que constituem uma determinada área e os aparelhos de poder que atuam sobre ela. Como afirma Raffestin (1993, p. 144): “O espaço é a “prisão original”, o território é a prisão que os homens constroem para si”. Desta forma, neste trabalho, a estrada comporta-se como uma materialidade que altera as relações de poder presentes no território, permitindo que novos atores (capital externo, investidores, turistas) disputem o território com a preservação ambiental. Desta forma, o capítulo seguinte dedica-se a analisar os instrumentos de planejamento que determinam e regulam este espaço.

2.2. Legislação Ambiental e Planejamento de Áreas Protegidas

De acordo com o Plan de Manejo (2017), o Parque Nacional Natural Los Nevados representa uma região de grande importância estratégica para o país, visto que exibe uma grande riqueza natural e uma reserva hídrica. Neste complexo, nascem rios para o benefício do flanco oriental e ocidental da Cordilheira Central; é uma área com grande potencial agropecuário e alta aglomeração populacional. A importância dos serviços ambientais que oferece para uma população rural e para os centros urbanos adjacentes define a sua relevância ambiental.

No entanto, o projeto de pavimentação da via Murillo - La Esperanza, localizado dentro da área do Parque Nacional Natural Los Nevados, embora seja de grande relevância para a mobilidade da população, traz desafios significativos para a conservação do ecossistema de páramo. Nesse sentido, torna-se necessário o estabelecimento de normativas que constituam seu fundamento territorial e, desta forma, garantam o equilíbrio entre o desenvolvimento e a conservação. A figura 2 apresenta a localização do Parque, os departamentos nos quais se localiza e a relação com o país.

Figura 2: Localização do Parque Nacional Natural Los Nevados.



Fonte: Plan de manejo PNN Los Nevados (2017).

Para compreender a gestão da área, é necessário recorrer ao Sistema Nacional de Áreas Protegidas, no artigo 2, capítulo I (COLOMBIA, 2010), que define o conceito de Área Protegida, como uma Área definida geograficamente que tenha sido nomeada, regulada e organizada com a meta de alcançar objetivos específicos de preservação. Já, o Sistema Nacional de Áreas Protegidas no artigo 3, capítulo I (COLOMBIA, 2010), define-se o (Sinap) como: um conjunto de áreas protegidas, que se articulam em atores sociais, institucionais e as estratégias e instrumentos de administração, que se organizam para o cumprimento dos objetivos gerais de preservação do país.

Neste contexto, os ecossistemas estratégicos, como as zonas de páramos, subpáramos, as nascentes de água e as zonas de recarga de aquíferos, são áreas de uma grande importância ecológica e, portanto, são objeto de proteção especial. De acordo com isso, as autoridades ambientais correspondentes precisarão adiantar as ações pertinentes à sua preservação e manejo, e nas quais poderão incluir sua indicação como áreas protegidas sob alguma das categorias de manejo antecipadas, de acordo com a normativa do Sistema Nacional de Áreas Protegidas no artigo 29, capítulo I (COLOMBIA, 2010).

Para CORTOLIMA (2016), órgão regional, e segundo o artigo 10 da Lei 388 de 1997, o planejamento do território estabelece determinantes ambientais as quais são elementos indispensáveis na elaboração dos POT (Plano de Ordenamento Territorial), **PBOT** (Plano Básico de Ordenamento Territorial) e o **EOT** (Esquema de Ordenamento Territorial). Isso como componente que facilita aos municípios a implementação de políticas entre elas as de preservação, conservação, uso e manejo da natureza.

O Parque Nacional Natural Los Nevados junto com outras 12 Áreas Protegidas, fazem parte da Direção Territorial Andes Ocidentais, de Parques Nacionais Naturais de Colômbia - Ministério de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Desta forma, mediante a Lei 2 de 17 de janeiro de 1959 e em seu artigo 13, faculta-se ao Instituto Colombiano da Reforma Agrária (INCORA) para a declaração dos Parques Nacionais Naturais e dispor os princípios básicos para os mesmos. Posteriormente, mediante o Decreto 2420 de 1968 se cria o INDERENA, anterior Instituto de Desenvolvimento dos Recursos Naturais Renováveis e de Ambiente, a cargo da administração e manejo dos Parques Nacionais Naturais do país (PLAN DE MANEJO, 2017).

Igualmente, por meio do Decreto 2420 de 1968, o INDERENA mediante Acordo N° 15 de 28 de março de 1973, delimitou e deixou em reserva uma área de 38.000 hectares aproximadamente que integrariam o Parque Nacional Natural Los Nevados. Porém, uma revisão cartográfica de 1985, segundo limites expressados no Acordo N° 15 de 1973 correspondia a 58.300 hectares (PLAN DE MANEJO, 2017).

Assim, a regulamentação em relação com o Sistema Nacional de Áreas Protegidas no artigo 11, capítulo II (COLOMBIA, 2010), estabelece que, o Sistema de Parques Nacionais Naturais forma parte do Sinap, fazendo parte dos tipos de área que estão estipulados no artigo 329 do Decreto-lei 2811 de 1974, o que se refere ao processo de reserva, delimitação e a declaração das áreas do Sistema de Parques Nacionais Naturais e que reflete ao Ministério de Ambiente. Neste sentido, administração, e manejo são responsabilidade da Unidade Administrativa Especial do Sistema de Parques Nacionais Naturais.

O Plan de Manejo (2017), de acordo com o Decreto Único 1076 de 2015 do Sector Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, define para as Áreas Protegidas a conformação de um zoneamento mediante a qual se procura um melhor manejo das áreas que integram o Sistema de Parques Nacionais Naturais. As quais são planejadas e determinadas de acordo com os fins e características naturais, para conseguir cumprir os objetivos e uma administração adequada. Neste sentido, o zoneamento implica que cada uma das áreas precisará de um manejo especial com o objetivo de assegurar sua perpetuação.

Divide-se nas seguintes zonas:

- Zona Primitiva;
- Zona Intangível;
- Zona de Recuperação Natural;
- Zona Histórico-Cultural;
- Zona de Recreação Geral Exterior;
- Zona de Alta Densidade de Uso;
- Zona Amortecedora.

Assim, o parque divide-se em zonas específicas que determinam o grau de intervenção permitido. O **Quadro 1** apresenta a distribuição espacial dessas zonas de manejo dentro da unidade de conservação:

Quadro 1: Zonas de manejo para o PNN Los Nevados

ZONEAMENTO DE MANEJO	HECTARES	% ÁREA
Zona Primitiva (ZnP)	7.712,50	12,39
Zona Intangível (ZnIn)	34.235,51	54,98
Zona de Recuperação Natural (ZnRN)	20.248,68	32,52
Zona de Recreação Geral Exterior (ZnRGE)	23,99	0,04
Zona de Alta Densidade de Uso (ZnADU)	50,97	0,08

Fonte: PLAN DE MANEJO (2017)

Em concordância o Plan de Manejo (2017) estabelece o Decreto-Lei 2811 de 1974 que se refere às atividades e usos que terão autorização dentro do SPNN, Artigo 331, as seguintes atividades permitidas nos parques nacionais: conservação, recuperação e controle, investigação, educação, recreação e de cultura.

Além disso, o Sistema Nacional de Áreas Protegidas no artigo 34, capítulo IV (COLOMBIA, 2010), define a Zona Geral de uso Público: como os espaços estabelecidos no plano de manejo para conquistar os objetivos de gestão mediante a educação, a recreação, o ecoturismo e o desenvolvimento da infraestrutura para auxiliar à pesquisa.

De acordo com o anterior, as zonas se dividem em duas subzonas:

a) Subzona para a recreação: É o desenvolvimento de uma infraestrutura que permite acesso aos visitantes como trilhas e mirantes numa área determinada aberta à visitação.

b) Subzona de alta densidade de uso: Corresponde à área na qual se autoriza a instalação de infraestrutura básica controlada, visando tanto recepcionar os visitantes quanto oferecer suporte à interpretação ambiental.

O Parque Nacional Natural Los Nevados não é uma ilha isolada, ele possui diversas áreas protegidas em sua zona de influência, com múltiplas categorias de conservação, estas mesmas correspondem à jurisdição de corporações autônomas regionais que são organismos corporativos de caráter público dotados de autonomia administrativa e financeira, tais como (CORTOLIMA, CORPOCALDAS, CARDER y CRQ), além disso, o PNNN encontra-se dentro dos sistemas de áreas departamentais conhecidos como (SIDAP), os quais são: SIDAP Caldas, SIDAP Risaralda, SIDAP Quindío y SIDAP Tolima, e dentro de um Sistema Regional de Áreas Protegidas conhecido como SIRAP Eixo Cafeteiro (PLAN DE MANEJO, 2017).

Objetivos de conservação do Parque Nacional Natural Los Nevados:

De acordo com a importância ambiental do Parque Nacional Natural Los Nevados se estabelecem a continuação os Objetivos de Conservação:

1. Garantir a integridade funcional dos processos ecológicos nas áreas de páramo e florestas alto-andinas do Sistema Centro-Andino, assegurando simultaneamente a proteção da diversidade biológica, do patrimônio genético e dos valores culturais a eles vinculados.

2. Conservar as espécies de flora e fauna, com ênfase nas populações endêmicas e ameaçadas, visando sustentar a representatividade biológica do Sistema Centro-Andino dentro dos limites da unidade de conservação.

3. Proteger as áreas de cabeceira e os cursos superiores das bacias dos rios Chinchiná, Gualí, Lagunillas, Recio, Totare, Combeima, Quindío, Otún e Campoalegre, preservando sua capacidade vital de regulação climática e de abastecimento hídrico regional.

4. Gerar estratégias de manejo adaptativo voltadas às formações geológicas de origem glacial e vulcânica no complexo Cerro Bravo – Cerro Machín, reconhecendo seu elevado valor cênico e sua importância ecológica estratégica.

Por outro lado e de grande importância, é relevante mencionar que, mediante o marco jurídico que representa um avanço fundamental para a proteção da área do parque, de acordo com a sentença de 25 de novembro de 2020, a Corte Suprema de Justiça da Colômbia concedeu o amparo dos direitos fundamentais à vida, à dignidade humana e à saúde. Nesta decisão histórica o **Parque Nacional Natural Los Nevados foi declarado** como **sujeito de direitos**, desta forma a sentença faculta ao Presidente da República como chefe do estado, como representante de seus direitos podem-os exercer mediante a unidade administrativa especial de Parques Nacionais Naturais da Colômbia.

Não obstante, o arcabouço legal apresentado pelo Plano de Manejo do PNN Los Nevados, entre outras instituições, fornece as diretrizes teóricas para a sua proteção, as dinâmicas territoriais constantemente desafiam esses instrumentos. A pavimentação da rodovia Murillo-La Esperanza, ao mesmo tempo que fomenta a integração regional, atua como um catalisador para o aumento do fluxo de visitantes em áreas sensíveis, comprometendo os objetivos de conservação propostos nas normativas. Diante desse cenário de maior acessibilidade à população, torna-se necessário analisar as consequências desse fenômeno sobre a integridade ambiental da área. Desta forma, o próximo capítulo dedica-se à análise da pressão turística no território.

2.3. Pressão Turística e a Degradação do Ecossistema

2.3.1. Importância Estratégica

O valor estratégico do território não reside somente no valor da paisagem, mas também, no fato de ser um regulador ambiental crítico, afetado tanto por fatores locais quanto por fatores globais como as mudanças climáticas. Segundo a Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA (2016, p. 627) esta área:

É uma zona de grande importância para o país na medida em que é uma grande fonte de riqueza natural e de reserva hídrica. Os serviços ecossistêmicos que oferece a zona para a população rural e para os municípios que a rodeiam nos departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío e Tolima, ela constitui-se em uma área estratégica ambiental. As relações parque-entorno no contexto da bacia do Cauca, cordilheira Central e bacia do Magdalena são de vital importância, pois a ecorregião abastece a água de aproximadamente 3.000.000 de habitantes, que depende diretamente do recurso hídrico que se produz na zona.

Nesta lógica, o Plan de Manejo (2017, p. 138), alerta que “Os glaciais no Parque Nacional Natural Los Nevados, são um bioma que se encontra vulnerável principalmente por um efeito global inevitável e as ameaças são principalmente naturais e climáticas como a atividade vulcânica e o câmbio climático”. Estabelecendo assim, a importância que representa este tipo de bioma e os serviços oferecidos.

Assim, para CORTOLIMA (2016), a direção exige a análise em detalhe dos serviços ecossistêmicos para estabelecer a capacidade da área para a prover e satisfazer as demandas da população. Desta forma, a gestão da biodiversidade e os serviços ecossistêmicos são classificados em quatro grupos: Aproveitamento (água, madeira, medicinais e animais de caça ou pesca). Regulação e suporte: (regulação hídrica, habitat). Culturais:(investigação científica, ecoturismo e recreação).

Nesta lógica, segundo o Plan de Manejo (2017, p .90) estabelece que “embora o PNN Los Nevados foi declarado como Área Protegida em 1974, a atividade ecoturística dentro deste tem-se registrado desde o ano 1956”. Desta forma, atualmente e segundo o Informe Anual do Comportamento de Visitantes Em Áreas Protegidas Com Vocação Ecoturística (2024), o PNN Los Nevados recebeu 71.106 visitantes, o que representa uma alta demanda configurando um cenário de turismo em massa.

Desta forma, para CORTOLIMA (2016), o número de visitantes aumentou e isso traz benefício ao contexto local e regional dos habitantes, permitindo que a população que está relacionada com o PNN Los nevados participe desde diferentes setores como o alojamento, a guia de visitantes, produção de artesanato entre outros. Embora, segundo o Plan de Manejo (2017, p. 137), “É importante ressaltar que, ainda que, o bosque alto andino tem-se mantido no tempo, é necessário fazer uma análise multitemporal de coberturas naturais que permita evidenciar as mudanças que há sofrido este ecossistema no tempo”.

Nesta perspectiva, para Lozano (2017) gerar limites de uso é terminante para lograr um desenvolvimento sustentável, exemplo disso seria limitar os sendeiros de selva, pois isso leva não somente à afetação do solo, mas também, gera ruído que prejudica a fauna. Neste contexto, segundo o Plan de Manejo (2017) o turismo não regulado pode aumentar devido ao melhoramento viário de zonas contíguas como o projeto de aprimoramento da via Bogotá – Líbano – Murillo - Manizales, o qual encontra-se paralelo ao limite do parque a través de 22 km, prejudicando negativamente as zonas perto do parque, áreas que foram preservadas e em processo de recuperação natural.

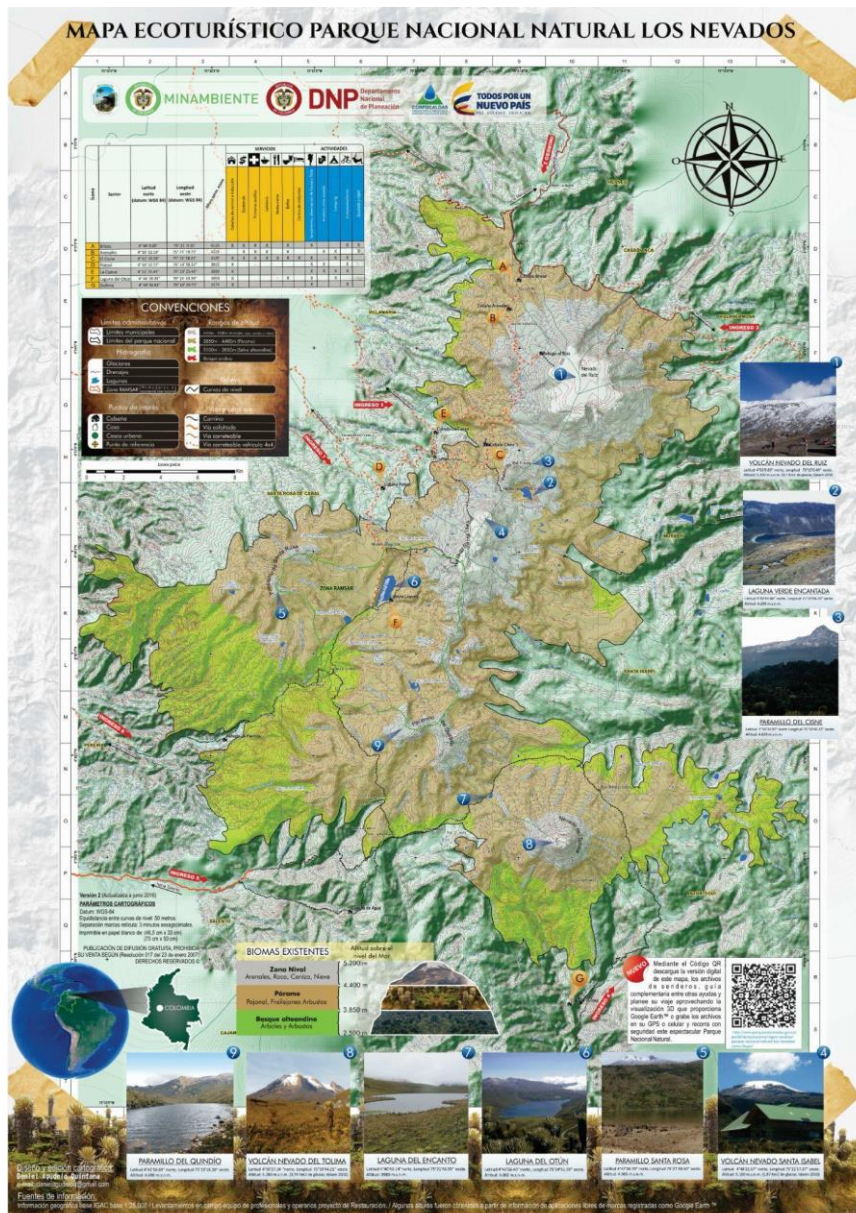
Para Lozano (2017), à medida que o desenvolvimento do turismo aumenta, a prioridade será a preservação do ambiente. Desta forma, os atores entre eles as indústrias turísticas devem propender pela proteção, a preservação e o cuidado dos ecossistemas frágeis.

Por outra parte, o complexo vulcânico Cerro Bravo – Cerro Machín, representa potencial ameaça naturais associadas à atividade vulcânica no interior e na zona de influência da Área Protegida. De outra maneira, os interesses econômicos de diversos setores sobre o Parque, torna ainda mais difícil a conservação ante ameaças externas como projetos de mineração, infraestrutura viário, turísticos entre outros (PLAN DE MANEJO, 2017).

Neste contexto se torna necessário, segundo Lozano (2017) a coordenação das autoridades competentes, ao impulso do turismo sustentável nas zonas amortecedoras do sistema, com o objetivo de dinamizar a economia local e gerar benefícios a suas comunidades mediante o ecoturismo. Assim, de acordo com o Plan de manejo (2017), a figura 3 apresenta o mapa ecoturístico do Parque Nacional Natural Los Nevados.

O capítulo subsequente apresenta a estrutura metodológica do trabalho, iniciando desde a caracterização da área de estudo e do projeto rodoviário objeto da pesquisa, seguindo para a descrição das técnicas de geoprocessamento e o uso das ferramentas para o diagnóstico multitemporal das dinâmicas de uso da terra na área contígua ao projeto.

Figura 3: Mapa Ecoturístico do Parque Nacional Natural Los Nevados



Fonte: Parques Nacionales de Colombia (2016).

2.4. Geoprocessamento

2.4.1 Sensoriamento Remoto

O desenvolvimento do sensoriamento remoto está ligado ao uso militar. Desta forma, durante a guerra civil americana em 1862, faziam reconhecimento de tropas através das fotografias aéreas. O surgimento das fotografias tiradas desde aviões deu-se em 1909 e foi ainda mais intenso seu uso na Primeira Guerra Mundial. Um grande desenvolvimento do sensoriamento remoto foi no período da Segunda Guerra Mundial, desta forma com o intuito de detectar a camuflagem foi desenvolvido o filme infravermelho, além disso foram introduzidos novos sensores, como o radar, e deu-se avanços nos sistemas de comunicação. Continuando nessa lógica na Guerra Fria, foram desenvolvidos sensores de alta resolução para espionagem e com o fim da Guerra Fria, dados que estavam sob segredo militar ficaram como dados abertos para usos civis. (FLORENZANO, 2011).

Como confirmado por Ibrahin (2014), no ano de 1972, nasceu uma nova fase de uso civil, alguns sensores que antes eram de uso exclusivamente militar como os sistemas de escâneres multiespectrais, imagem por radar e o infravermelho termal. Assim, poder-se-ia afirmar que o desenvolvimento do sensoriamento remoto é resultado da junção multidisciplinar, entre diversos avanços na química, na biologia, na física, geociências e essencialmente, computação. O avanço do sensoriamento remoto trouxe uma maior complexidade nas suas técnicas, isso aumentou o número de pessoas de diversas áreas que se envolvem no processo de transformação da energia em informação (STEIN, 2020). Desta forma, para Ibrahin (2014, P. 98)

O sensoriamento remoto permite a análise e o monitoramento de áreas nas quais, em muitas situações, a presença humana era impossível, difícil ou inviável, como em áreas com vulcão ativo, oceanos, florestas, desertos, áreas de geleiras, áreas submetidas à radioatividade.

Para Florenzano (2011), o sensoriamento remoto é o conjunto tecnológico voltado à aquisição de imagens e dados da superfície terrestre, operando através da detecção e registro da energia eletromagnética, seja ela refletida ou emitida. Assim, Sensoriamento remoto para Ibrahin (2014, p. 98), “pode ser definido como a ciência e a arte de obter informações sobre uma área, objeto ou fenômeno, mediante análise de dados adquiridos por dispositivos que não estão em contato direto com tal área, objeto

ou fenômeno que está sendo objeto de investigação”. As informações são coletadas por meio de sensores acoplados a diversas plataformas, terrestres e aéreas, até orbitais. Neste sentido para Lorenzetti (2015, p. 18-19):

O que se denomina de sensoriamento remoto refletido, isto é, a energia que chega ao sensor é dominada pela energia proveniente do Sol, que é refletida pelo alvo em direção ao sensor. Como veremos adiante, parte da energia que chega ao sensor é retroespalhada pela própria atmosfera. Para sensores ativos do tipo radar, em vez de a fonte de energia ser o Sol, o próprio sensor emite pulsos de energia eletromagnética, que são parcialmente retroespalhados de volta ao sensor. Na faixa do infravermelho termal, os sistemas sensores são desenhados para receber prioritariamente a energia emitida pelo alvo, que é, entre vários fatores, dependente de sua temperatura.

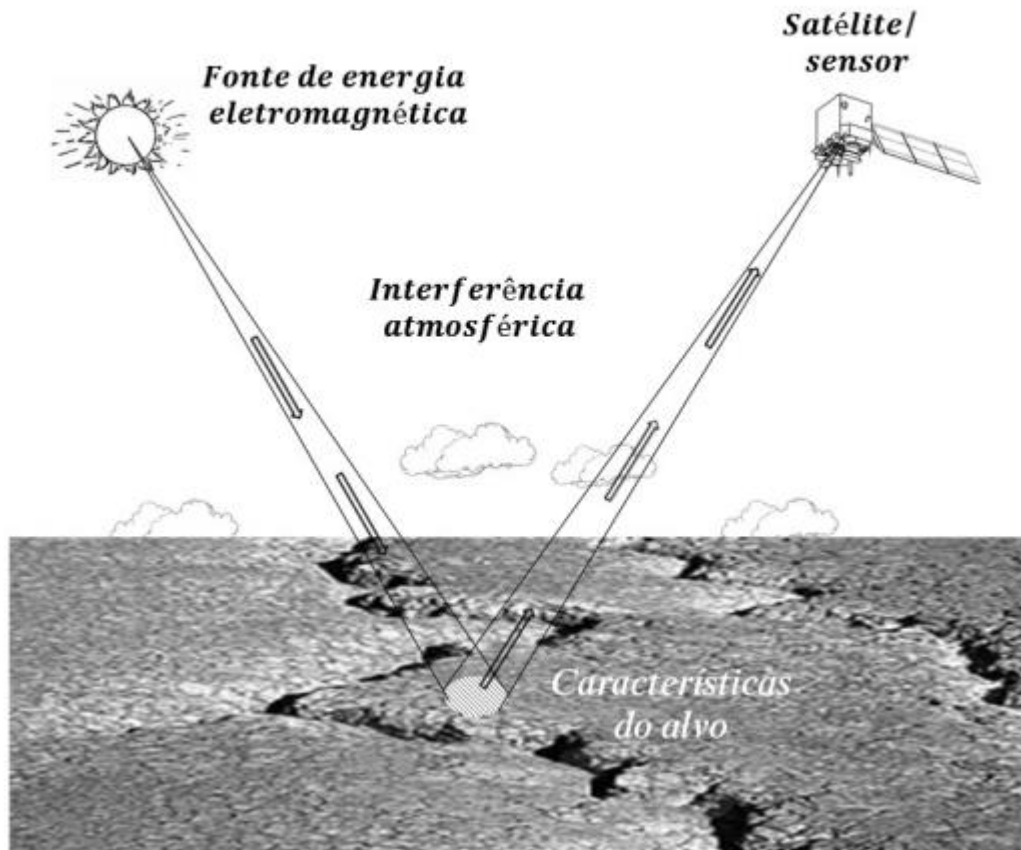
Neste sentido, cada alvo no espaço apresenta uma própria forma de refletir a energia, assim para Florenzano (2011, p. 7), “Objetos da superfície terrestre, como a vegetação, a água e o solo, refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda, de acordo com as suas características biofísicas e químicas”. Nesta lógica, para Stein (2020), para definir o conceito de radiação eletromagnética, é necessário compreender a definição de onda eletromagnética. A matéria com temperatura absoluta acima de zero emite energia. Nesse sentido, a totalidade dos corpos com temperatura absoluta acima de zero poder-se-ia considerar como uma fonte de radiação eletromagnética.

Um objeto determinado apresenta uma coloração particular quando reflete os comprimentos de onda correspondentes a ele e reflete os demais. A vegetação como exemplo percebe-se como verde por refletir de forma predominante essa faixa. Nesse contexto se caracteriza o branco por refletir de forma simultânea todas as cores do espectro visível, porém, o preto representa a ausência desta reflexão, ou seja, a absorção completa das cores do espectro. (FLORENZANO, 2011).

Nesta mesma lógica, para Lorenzetti (2015) existem dois tipos de sensores remotos denominados como passivos ou ativos. Desta forma os passivos, captam a energia eletromagnética que emite o alvo. Enquanto os sensores ativos captam a energia refletida pelos alvos que eles mesmos emitiram. Os passivos são os espectrômetros, espectrorradiômetros e radiômetros. Ao mesmo tempo que os sensores ativos, estão incluídos os radares imageadores, altimétricos e escaterômetros. Nessa mesma lógica, Ibrahim (2014), a fonte mais utilizada em sensoriamento remoto é a solar, o recorrido da energia emitida, após atravessar a

atmosfera em sua trajetória, atinge o alvo na superfície interagindo com ele. Desta forma, a radiação é refletida até atingir o satélite artificial, que a detecta e registra. Os dados são processados para gerar produtos digitais para a análise, como pode-se observar na Figura 4.

Figura 4: Principais componentes num sistema de Sensoriamento Remoto



Fonte: Lorenzetti (2015, P.18)

Segundo Florenzano (2011), os sensores do tipo radar, distinguem-se por produzir uma fonte de energia própria na faixa das microondas, essa característica permite obter imagens de dia e de noite sem importar a condição meteorológica, sendo a principal vantagem dos radares ativos em relação com os sensores passivos.

Neste sentido, para Ibrahin (2014) os dados obtidos mediante o sensoriamento remoto são muito úteis para levantamento de recursos naturais, topografia, entre outros para distintas análises entre elas informações ambientais isso é possível principalmente pelas seguintes características:

Visão sinótica: possibilidade de contemplação de grandes zonas na mesma imagem;

- **Resolução temporal:** capacidade de coletar informações em diversas datas no ano;
- **Resolução espectral:** capacidade de captar alvos em diversas faixas do espectro eletromagnético, o número de medidas registradas referentes a área e pixel;
- **Resolução espacial:** confere escalabilidade na aquisição de informações, definida pelo pixel, que atua como unidade fundamental de informação na imagem. Cada pixel corresponde a uma área específica da superfície terrestre, quanto maiores as dimensões do pixel, menor será a resolução e o detalhamento da imagem final;
- **Resolução radiométrica:** define a sensibilidade do sensor para a distinção de pequenas mudanças na intensidade da energia refletida.

No processamento dos dados obtidos mediante o sensoriamento remoto, existem diversas técnicas de classificação de imagens digitais visando a aquisição automática de alvos, usando critérios determinados, gerando agrupação dos alvos em classes que expõem similaridade em seus dados espectrais. Resultando essa classificação de imagens num mapa temático. Isso com o objetivo de tornar o processo mais rápido e com possibilidades de ser reiterado em outras situações. (FLORENZANO, 2011).

2.4.2. Plataforma MapBiomias

MapBiomias é uma plataforma de rede colaborativa, formada por universidades, ONGs e empresas de tecnologia. Assim, para Schwanz (2023) “o MapBiomias tem sido uma das fontes de informações espaciais mais significativas para os estudos ambientais no território brasileiro na atualidade, com possibilidades de utilização também nas pesquisas que envolvem a geodiversidade”.

Neste sentido, segundo o MapBiomias Colômbia (2025);

O projeto de “Mapeamento anual de Cobertura e Uso do solo da Colômbia” é uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa de especialistas em ciências da terra, sensores remotos, sistemas de informação geográfica e programação. Utiliza processamento na nuvem e classificadores automatizados operados

desde a plataforma de Google Earth Engine, para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso do solo da superfície continental de Colômbia.

Assim, segundo o MapBiomias Colômbia, está presente no país mediante a fundação Gaia Amazonas que faz parte da Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada (RAISG); colaborando há mais de 15 anos em estratégias regionais.

Gaia Amazonas gerou a publicação de sete coleções voltadas para a Amazônia e três coleções de Mapas Anuais de Cobertura e Uso do Solo para o território colombiano, abrangendo o período de 1985 a 2024. Graças a esse empenho, esses dados espaciais encontram-se disponíveis na plataforma interativa da iniciativa MapBiomias Colômbia. (MAPBIOMAS COLOMBIA, 2025).

Para MapBiomias Colômbia, o seu objetivo é auxiliar na compreensão da dinâmica de uso do solo na Colômbia, mediante o desenvolvimento de uma metodologia ágil, transparente e de baixo custo para geração de mapas anuais de cobertura e usos do solo.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho utilizou a metodologia mediante o procedimento de métodos mistos, a qual permite desenvolver uma pesquisa com técnicas quantitativas de sensoriamento remoto e análise espacial com métodos qualitativos, essa análise está fundamentada na discussão da categoria de território. Para Galvão, Pluye e Ricarte (2017, p. 8):

A pesquisa com métodos mistos combina os métodos de pesquisa qualitativos e quantitativos e tem por objetivo generalizar os resultados qualitativos, ou aprofundar a compreensão dos resultados quantitativos, ou corroborar os resultados (qualitativos ou quantitativos).

Desta forma, em termos de procedimentos as fontes de informações secundárias foram estabelecidas a partir de levantamento bibliográfico e documental. O levantamento bibliográfico abarcou dois momentos: primeiramente uma revisão bibliográfica da teoria do conceito de território e poder, e um segundo momento para as análises de bibliografia ambiental, que serviu como fundamentação teórica para a análise descritiva do objeto de estudo.

Nesse contexto, para Galvão, Pluye e Ricarte (2017) o qualitativo poderia ser empregado, na busca de estudar os tópicos culturais, econômicos, organizacionais, políticos e sociais de um fenômeno revelando variáveis sensíveis a alguns contextos. Enquanto o aspecto quantitativo é fundamental para dimensionar as correlações e magnitude dos impactos e consequências entre diferentes fatores.

No que tange à delimitação espacial, “o buffer pode ser sobreposto a temas de análise ambiental, como por exemplo, geomorfologia, uso e ocupação da terra, tipologia de solos, etc.” (ANTUNES; MORO, 2017, p. 163). Diante disso, para a análise quantitativa, foi definida uma zona de influência direta (buffer) de 1 km para cada lado do eixo da via. Esta delimitação, portanto, engloba a zona de máxima acessibilidade e pressão antrópica, gerada pela introdução do turismo em massa. Desta forma, corrobora-se que “Na análise da área de entorno de estradas, os buffers delimitados sob as temáticas declividade, uso da terra e tipo de solo devem receber diferentes pesos em função da sua potencialidade e fragilidade” (ANTUNES; MORO, 2017, p. 163).

Considerando a topografia acidentada característica da Cordilheira Central e do PNN Los Nevados, a influência antrópica estabelecida pela pavimentação da estrada tende a ser geograficamente restrita às faixas imediatas à rodovia. Assim, a probabilidade de interação entre a população e a área protegida é maior neste perímetro, permitindo correlacionar espacialmente a infraestrutura com as alterações na paisagem. Além disso, a distância é compatível com a resolução espacial de 30 metros dos dados do MapBiomas, permitindo uma amostragem robusta das transições de classe sem a interferência de ruídos de outras dinâmicas territoriais distantes do eixo viário, e na mitigação as limitações impostas pela frequente presença de nuvens.

Para caracterizar a dinâmica da paisagem mediante a análise de imagens satelitais, realizou-se em três momentos:

- Cenário pré-pavimentação (2020), para estabelecimento da linha ambiental base ambiental para o estudo.
- Cenário imediatamente após a pavimentação (2022), para avaliação das alterações imediatas e a influência do turismo massivo.

- Cenário atual (2024), para avaliar os impactos consolidados e a regulação do turismo.

3.1. Caracterização da área de estudo

O Ministério de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (MADS), em documento citado por CORTOLIMA (2016), define este espaço da seguinte forma: As relações de territorialidade das comunidades, além da vinculação de maneira tangível e significativa do páramo dão significado ao entorno regional e definem este espaço geográfico. Assim, deve-se considerar as funções dos ecossistemas, pela relação com os serviços de provisão e regulação que transcendem a uma escala maior. Além disso, para analisar o território deve ter presente as relações de pertença da população, bem como do potencial biofísico da área para sustentar a prestação de serviços ecossistêmicos.

O complexo do PNNN alberga importantes recursos hídricos, no qual nascem diversos corpos de água que resultam do degelo. Esses processos naturais dão como origem diversas formas, entre elas Rios, quebradas, lagoas, mananciais e águas no subsolo. Assim, para Parques Nacionales Naturales de Colombia (2017, p. 40):

O Parque Nacional Natural Los Nevados encontra-se localizado geograficamente na Cordilheira Central de Colômbia, nas vertentes oriental y occidental, entre as coordenadas geográficas 75°33'24.354" W – 4°58'31.174" N y 75°10'56.604" W – 4°35'36.602" N, com alturas entre 2.600 y 5.321 metros. Compreende uma área aproximada de 58.300 hectares, em jurisdição dos departamentos de Caldas (município de Villamaría), Risaralda (municípios de Santa Rosa de Cabal e Pereira), Quindío (município de Salento) e Tolima (municípios de Ibagué, Anzoátegui, Santa Isabel, Murillo, Villahermosa, Casabianca e Herveo).

Ademais, entre outros fenômenos naturais que apresenta o páramo se encontra segundo o IDEAM (2020) o estratovulcão ou também conhecido como vulcão composto "Nevado del Ruiz" localizado na cordilheira central na zona do Parque Nacional Natural Los Nevados, sua composição é feita de uma massa de gelo devido à sua localização sobre o leito rochoso do estratovulcão.

3.1.1. Geologia

Segundo o Atlas de Páramos de Colômbia (2007), o complexo apresenta diversos episódios orogenéticos como dobramentos, falhas e uma importante atividade vulcânica, identificaram-se falhas como a de Romeral-Aranzazu e a de Palestina.

Apresenta-se acumulação de fluxos de lava, camadas de cinzas vulcânicas, Lapilli e Bombas devido a diversos eventos vulcanológicos do Terciário e do Quaternário. Além disso, eventos glaciais estão presentes em formas de erosão de vales em U entre outros.

O páramo dos nevados encontra-se localizado na vertente oriental da cordilheira central, está composta por rochas ígneas e metamórficas do Proterozóico ao Terciário, com camadas de rochas vulcânicas e depósito de Vulcano-sedimentares do Terciário e Quaternário. Rochas sedimentares do Mesozoico e Cenozoico estão presentes nas encostas, a região apresenta tipo de relevo quebrado e Vertentes com grande declividade (CORTOLIMA, 2016).

Neste complexo de páramo, é característico a presença de um grupo variado em idade e composição de rochas, entre elas: rochas ígneas e metamórficas dobradas e fraturadas do Paleozóico, com revestimento de depósitos do Terciário e Quaternário. Neste sentido, esses depósitos resultam dos primórdios da atividade das chaminés vulcânicas da cordilheira central, ocasionando fluxos de lava e depósitos piroclásticos, outras formações características como morenas e fluxo de lama foram ocasionadas pela atividade glaciais do Quaternário (CORTOLIMA, 2016).

3.1.2 Tipo de solo

Na formação dos solos a vegetação exerce como um fator importante, mediante a concentração de matéria orgânica, ainda que a evolução do material seja muito restrita pelas baixas temperaturas que impossibilitam a velocidade na produção da atividade microbiana no solo (RIVAS *et al.*, 2007).

Segundo Parques Nacionales Naturales de Colombia (2017), os solos do páramo apresentam alto conteúdo de matéria orgânica, ácidos, porém de uma fertilidade baixa. Assim, a profundidade do solo é determinada pela localização no relevo, nas áreas inclinadas os solos são superficiais, mas nas bases das encostas são profundos, em contraste, em áreas de depressão, a drenagem deficiente faz com que os solos sejam muito rasos.

A gênese, a evolução, e a distribuição espacial dos solos do páramo, são produto das características próprias do relevo montanhoso que o compõem. As regiões de páramo ostentam atributos como vestígios de glaciação, vulcanismo local e movimento

em massa, características estas próprias da morfologia, a morfogênese e a morfochronologia. (RIVAS *et al.*, 2007).

Neste sentido, para Parques Nacionales Naturales de Colombia (2017, p. 58):

A influência das Cinzas vulcânicas e outros piroclastos de composição predominantemente andesíticadacítica - riolítica é a principal característica em quanto aos minerais parentais, que afetam a formação e evolução dos solos no Parque Nacional Natural Los Nevados. A presença de outros materiais (igneometamórfico) é de menos importância e define os Entisoles ou ao menos alguns deles (Cryothents líticos e típicos).

Segundo o Atlas de Páramos de Colômbia (2007), os solos estão compostos em grande parte de três tipos: produtos de ablação, vulcânico piroclásticos e acarretou glacial entre outros resultantes de processos erosivos. São solos ricos em matéria orgânica, ácidos e sua fertilidade é baixa.

3.1.3 Relevo

O processo de formação dos ecossistemas de páramo originou-se no final da formação geológica da cordilheira dos Andes há cinco milhões de anos. Como consequência iniciou-se o processo de criação dos bosques andinos em altitudes inferiores, e na zona mais alta acima dos 3.000 metros sobre o nível do mar (msnm) a formação dos ecossistemas de páramo. Estes com presença na parte norte dos Andes, desde o norte de Peru até Equador, Colômbia e por outra parte Panamá e Costa Rica (RIVAS *et al.*, 2007).

Numa perspectiva geral, os sistemas de paramos na Colômbia são compreendidos como áreas de grande altitude, com vegetação diversa que varia desde aberta até arbustiva, sendo os 'frailejones' (gênero(s) endêmico(s)), originaram-se de espécies arbóreas de Espeletiinae, provavelmente no Plioceno e a especiação neste gênero, bem poderia ter ocorrido durante o Quaternário, tradução nossa (RIVAS *et al.*, 2007, p. 30) suas plantas mais emblemáticas, localizadas principalmente na cordilheira dos Andes.

O páramo cumpre uma função importante na regulação do ciclo da água. Neste sentido, parte da vegetação, entre elas os frailejones, as gramíneas, musgos, líquenes e arbustos cumprem um papel fundamental na retenção de grandes volumes de água da chuva e no controle do fluxo para as bacias hidrográficas. Além disso, atua como

um grande reservatório, na regulação hídrica; é uma prioridade a conservação da vegetação natural e controlar os cultivos e a atividade pecuária (CORTOLIMA, 2016).

3.1.4 Clima

O regime de precipitação característico do parque nacional natural Los nevados, apresenta dois períodos de chuva abril-maio e outubro-novembro, além de dois períodos secos entre dezembro-fevereiro e julho-agosto. Neste sentido, os dois períodos se distribuem de forma desigual de acordo com a localização, nos meses úmidos, na zona norte e oriente da área protegida apresenta médias de chuva aproximadamente de 200 mm/mês e na parte sul e ocidente apresenta 400 mm/mês aproximadamente. No que tange aos períodos secos a parte norte e oriente tem médias de 50 até 100 mm/mês e na zona sul e ocidente 100 mm/mês as mais baixas no período julho-agosto (PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA, 2017).

Segundo o Atlas de Páramos de Colômbia (2007), a região de páramo apresenta uma alta umidade relativa, geralmente entre 80 e 98% na noite e no dia. Principalmente alta em época de chuvas e baixa em estações secas, é de caráter variável e estacional, além disso, ocasionalmente apresenta um fenômeno de nevoeiro.

Na transição entre o bosque alto andino e o subpáramo, as temperaturas médias multianuais são inferiores a os 8 e 9 °C, por encima de 3.300 msnm, aproximadamente; no páramo médio o propriamente dito, estas correspondem a valores inferiores a 6 °C, enquanto no superpáramo, os valores se apresentam por debaixo dos 3 °C (RIVAS *et al.*, 2007, p. 25)

Desta forma, a variação na média mensal da temperatura é mínima. Porém, a diferença que pode apresentar uma variação considerável entre dia e noite, assim, considera-se o páramo como o “trópico frio” a oscilação da temperatura faz com que durante o dia a temperatura aumente consideravelmente, embora à noite pode chegar inclusive a nevoar e gelar (ATLAS DE PÁRAMOS DE COLOMBIA, 2007).

De acordo com Parques Nacionales Naturales de Colombia (2017). O PNN Los Nevados apresenta uma altitude entre os 2600 até os 5321 m.s.n.m. Nesse sentido se apresenta a tabela de zonas climáticas do parque Quadro 2 onde se estabelece a amplitude altitudinal e a zona climática que corresponde.

Quadro 2: Zonas Climáticas del PNN Los Nevados

Zona Climática	Rango Altitudinal
	(msnm)
Clima Frío Súper Húmedo	2.500 - 3.000
Clima Páramo Bajo Húmedo	3.000 - 3.500
Clima Páramo Alto Súper Húmedo	3.500 - 4.000
Clima Páramo Alto Húmedo	4.000 - 4.600
Clima Nival	A partir de los 4.800

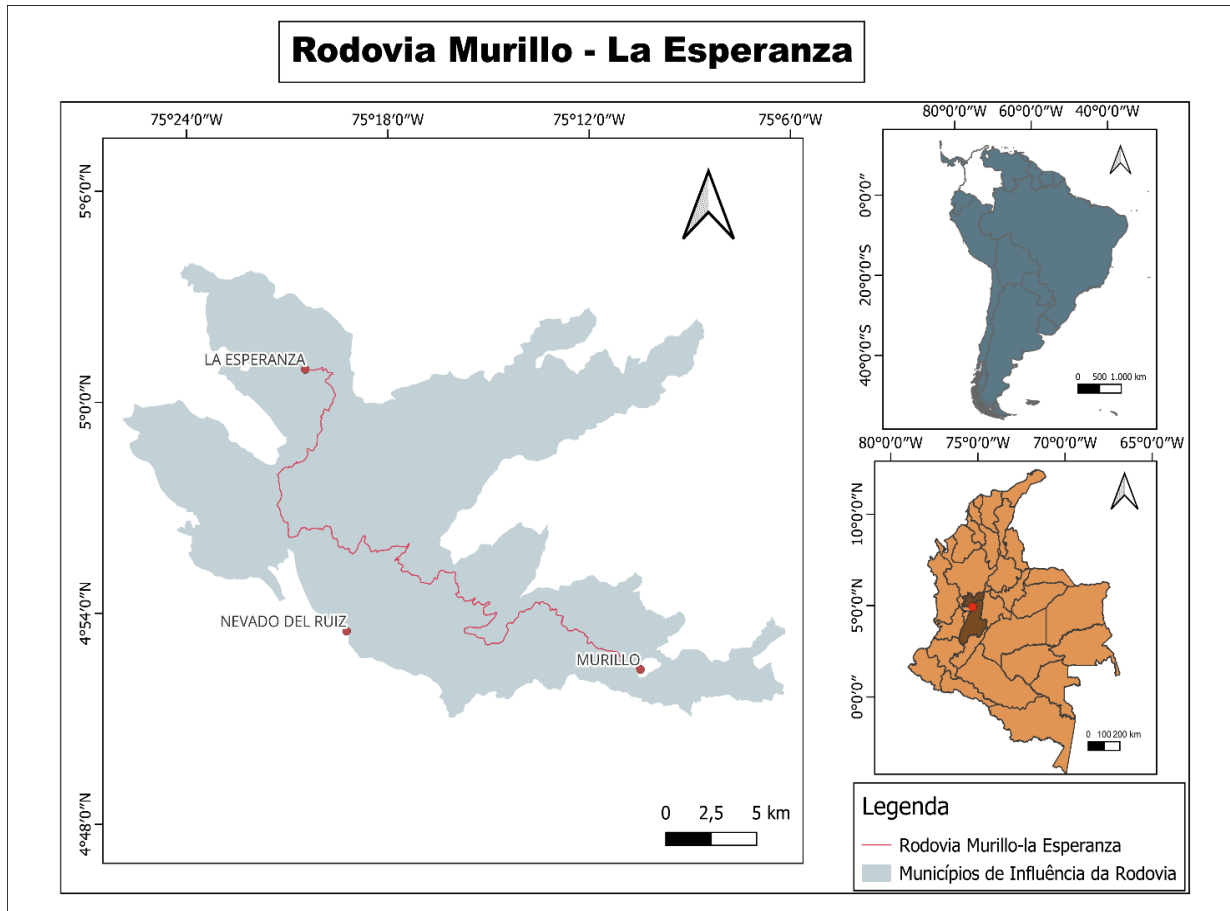
Fonte: CORTOLIMA, 2016.

3.2. Caracterização do projeto de Estudo

O projeto de pavimentação da via Murillo - La Esperanza configura-se como uma iniciativa Público-Privada estabelecida sob o contrato de concessão APP-IP N° 08 2015, cuja execução foi responsabilidade da Concessionária Alternativas Viales S.A.S. Como objeto contratual define-se: “A reabilitação e o melhoramento da rodovia Cambao - Manizales, e a reabilitação do corredor viário Ibagué - Mariquita - Honda de acordo com o contrato de concessão”. Nesse sentido, o corredor viário faz parte do programa de rodovias de Quarta Geração (4G) da Colômbia, que visa a construção e operação de uma nova infraestrutura viária para a modernização da malha viária do País.

Assim, a Figura 5 apresenta a localização do projeto viário das unidades funcionais UF 4 e UF 5, que compreende desde o município de Murillo no departamento do Tolima, até a zona rural na vereda La Esperanza do município de Manizales no departamento de Caldas.

Figura 5: Localização Trecho Murillo - La Esperanza



Fonte: IGAC (2025), Org. Autor (2025)

Nesse sentido, segundo a Agência Nacional de Infraestrutura (ANI, 2015, C. II p. 3). “O objetivo fundamental do corredor no que se inscreve o Projeto é desenvolver e potencializar uma alternativa de mobilidade que comunique de forma direta a Cidade de Manizales com o Centro do País”. O projeto é conformado pelas unidades funcionais UF1, UF2 e UF3. Para o desenvolvimento do presente trabalho o trecho a analisar é o corredor identificado como (UF4 Murillo-Alto de Ventanas) e (UF5 Alto de Ventanas – Esperanza), apresentado no Quadro 3 Unidades Funcionais do Trecho Murillo-La Esperanza.

Quadro 3: Unidades Funcionais do Trecho Murillo - La Esperanza

UF	SECTOR	LONGITUD (km)	INTERVENÇÃO PREVISTA
4	Paso por Murillo – Alto de Ventanas	24.7	Reabilitação e pavimentação.
5	Alto de Ventanas – La Esperanza	29.9	Reabilitação e pavimentação.

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE INFRAESTRUTURA (ANI)

Nessa lógica, nos Quadro 4 e 5, estabelecem-se os requisitos técnicos para as unidades funcionais, objeto de estudo da presente pesquisa.

Quadro 4: Requisitos Técnicos da unidade Funcional (UF 4)

Requisitos Técnicos	Unidade Funcional 4: Subtrecho 2 (Murillo - Alto de Ventanas)
Extensão Aproximada (km)	23,4
Número mínimo de pistas (un)	1
Número mínimo de faixas por pista (un)	2
Sentido das faixas	Bidirecional
Largura mínima da faixa (m)	3,65
Largura mínima da pista (m)	7,3
Largura mínima do acostamento (m)	1,0
Tipo de acostamento	Acostamento (<i>Berma</i>)
Especificações da Lei 105 de 1993 (s/n)	N
Funcionalidade	Secundária
Acabamento da superfície de rolamento	Flexível
Velocidade de projeto mínima (km/h)	40
Raio mínimo (m)	41
Declividade (Pendiente) máxima (%)	10
Exceções à velocidade de projeto (km)	Excetuam-se 8,9 km da Extensão Total do Trecho
Exceções à declividade máxima	Excetuam-se 0,1 km da extensão total do Trecho

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE INFRAESTRUTURA (2015)

Quadro 5: Requisitos Técnicos da unidade Funcional (UF 5)

Requisitos Técnicos	Unidade Funcional 5: Subtrecho 1 (Alto de Ventanas – Termales del Ruiz)	Unidade Funcional 5: Subtrecho 2 (Termales del Ruiz – La Esperanza)
Extensão Aproximada (km)	20,2	9,7
Número mínimo de pistas (un)	1	1
Número mínimo de faixas por pista (un)	2	2
Sentido das faixas	Bidirecional	Bidirecional
Largura mínima da faixa (m)	3,65	3,65
Largura mínima de pista (m)	7,3	7,3
Largura mínima do acostamento (m)	1,0 ext	1,0 ext
Tipo de acostamento	Acostamento (<i>Berma</i>)	Acostamento (<i>Berma</i>)
Especificações da Lei 105 de 1993 (s/n)	N	N
Funcionalidade	Secundária	Secundária
Acabamento da superfície de rolamento	Flexível	Flexível
Velocidade de projeto mínima (km/h)	30	40
Raio mínimo (m)	21	41
Declividade (Pendente) máxima (%)	10	9,3

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE INFRAESTRUTURA (2015)

3.3. Materiais

Para a realização desta pesquisa, foram utilizados os seguintes materiais e ferramentas de geoprocessamento e bases de dados espaciais vetoriais e matriciais:

- Software de Sistemas de Informação Geográfica QGIS® (versão Desktop 3.40.9)
- Camada vetorial viária OpenStreetMap
- Camada vetorial unidades Estaduais Colômbia em Mapas
- Camada vetorial do Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP)
- Camada vetorial de Páramos Delimitados junho 2020 Ministério de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.
- MapBiomias: Baseado na coleção de imagens Landsat
- Camada de Cobertura e Uso do Solo da Coleção 3.0 em formato GeoTiff MapBiomias Região Andina (2020,2022,2024)
- ID da Coleção: Cobertura e Uso do Solo de la Colecao 3.0
- Resolução Espacial: 30 metros.

3.4. Procedimentos Metodológicos

3.4.1 Elaboração dos Mapas

Inicialmente, realizou-se a aquisição dos dados vetoriais e matriciais na plataforma MapBiomias Colômbia. Obtiveram-se as imagens em formato GeoTIFF referentes à cobertura e uso da terra para os anos de 2020, 2022 e 2024. Para o processamento espacial foram carregados os dados matriciais anteriormente mencionados no software QGIS.

Projeção/SRC

O Sistema de referência utilizado foi EPSG:4686 - MAGNA-SIRGAS.

Recorte final

Utilizando os limites municipais da área de influência da rodovia, estabeleceu-se a camada mascara, mediante a qual se aplicou o recorte raster (*raster > extraction > recortar raster pela camada de máscara*), com relação aos dados da camada matricial por ano, desta forma obteve-se os dados da área de interesse para cada período.

Eixo viário e Geração do buffer

O eixo viário foi adquirido da plataforma OpenStreetMap (OSM) mediante o plugin QuickOSM no software QGIS, mediante consulta rápida das estradas nos departamentos da área de influencia e logo seccionando somente o eixo de interesse viário.

Para delimitar a área de influência da rodovia, aplicou-se uma técnica de análise de proximidade. A partir do vetor do eixo viário, foi gerado um *buffer* (zona de influência da rodovia) de 1 km utilizando as ferramentas de geoprocessamento (processamento > caixa de ferramentas > Buffer) do software QGIS.

Cálculo de área e Estatísticas por classe

Para a geração das estatísticas, efetuou-se o upload do arquivo em formato vetorial (shapefile) da zona de influência da rodovia de 1km, compactado em formato .zip, diretamente na opção de minha geometria, na ferramenta de estatísticas da plataforma do MapBiomias; neste sentido a partir desse procedimento obteve-se o cálculo das áreas para cada classe de uso da terra, dados que auxiliaram na elaboração dos gráficos e tabelas analíticas que subsidiam a análise quantitativa.

Subsequentemente, foram processados, e estruturados os dados ajustando a simbologia de acordo com os códigos da legenda para a coleção 3.0 (Nível 2) do MapBiomias. para finalizar a realização cartográfica dos mapas para cada um dos anos da série histórica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

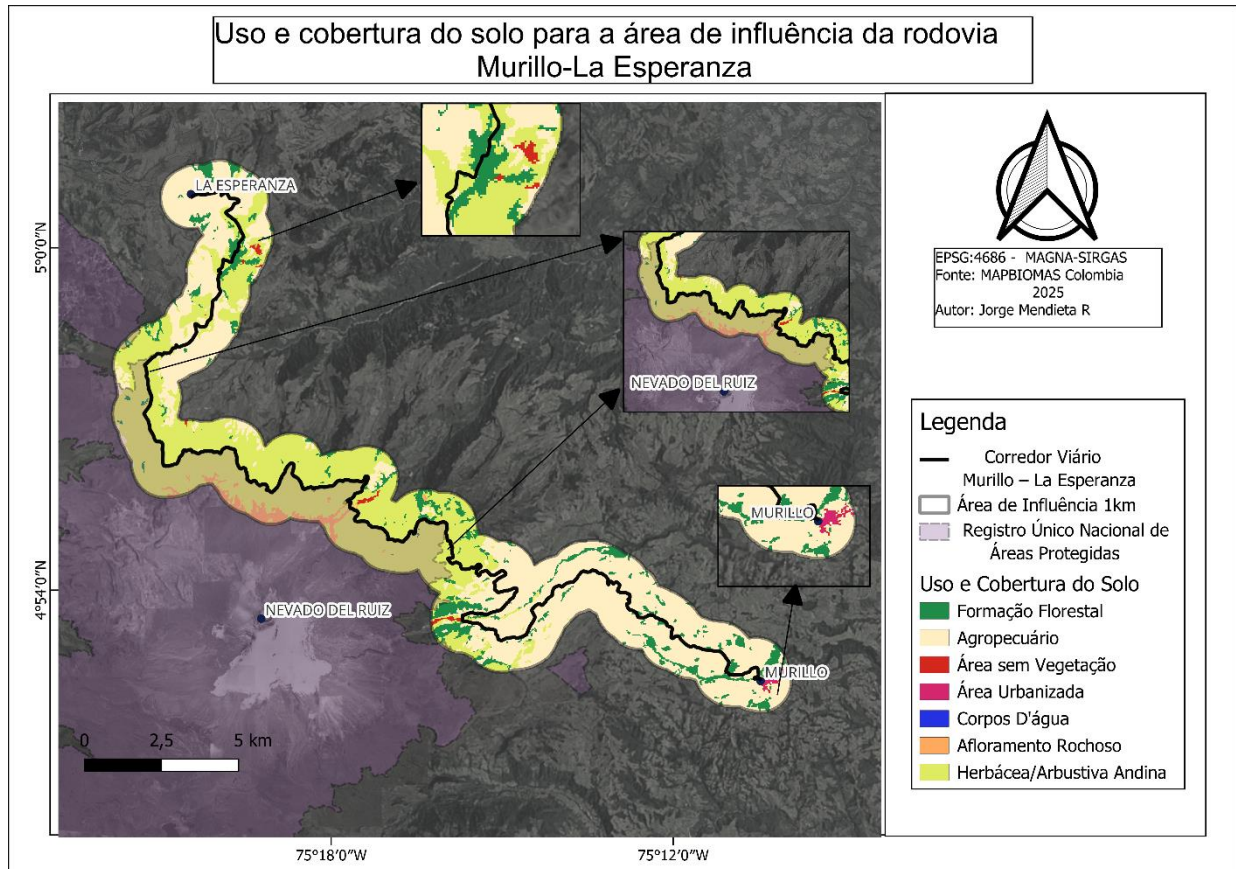
Com o intuito de analisar a área de influência da rodovia Murillo – La Esperanza, apresentam-se, neste capítulo, os resultados e a discussão decorrentes de acordo à metodologia adotada. Buscou-se, assim, estabelecer uma articulação entre a abordagem da pesquisa qualitativa e quantitativa, permitindo à leitura do território de uma maneira abrangente, devidamente fundamentada ao longo do texto no referencial teórico explorado.

Nesta lógica, a Figura 6 apresenta o mapa de Cobertura e Uso do solo para o ano base de 2020, com uma área de influência de 1km da rodovia Murillo – La Esperanza. De acordo com MapBiomias Colômbia, a área está conformada em sua maioria por Área Agropecuária e Formações Herbáceas andinas, próprios do bioma de paramos, a outra classe mais visível é a destinada para agrícola e pastoreio. A data 2020 foi adotada como marco temporal inicial da análise, a qual corresponde ao início aproximado da pavimentação do trecho, tendo em conta que este corresponde a um projeto macro de conectividade que realiza a conexão na região central da Colômbia, na qual foram estabelecidas diversas frentes de obra.

Complementarmente, a Tabela 1 detalha o tipo de Cobertura e Uso do solo Presente na área de influência da rodovia, relacionando as classes de cobertura com a área que ocupa e a porcentagem correspondente. Os dados evidenciam a predominância das atividades agropecuárias (45,2%) e vegetação nativa (44,2) do sistema de paramos como a maior quantidade de área da paisagem adjacente à rodovia, o que indica uma pressão antrópica preexistente e significativa.



O Gráfico 1 ilustra a distribuição percentual destas classes, e revela a polarização territorial existentes antes da pavimentação. A proporção quase equivalente entre a vegetação nativa (44,2%) e a área agropecuária (45,2%) demonstra que a zona de amortecimento já se encontrava sob forte pressão antrópica. Desafiando assim a vocação de preservação desta área.

Figura 6: Mapa Uso e cobertura da terra ano 2020



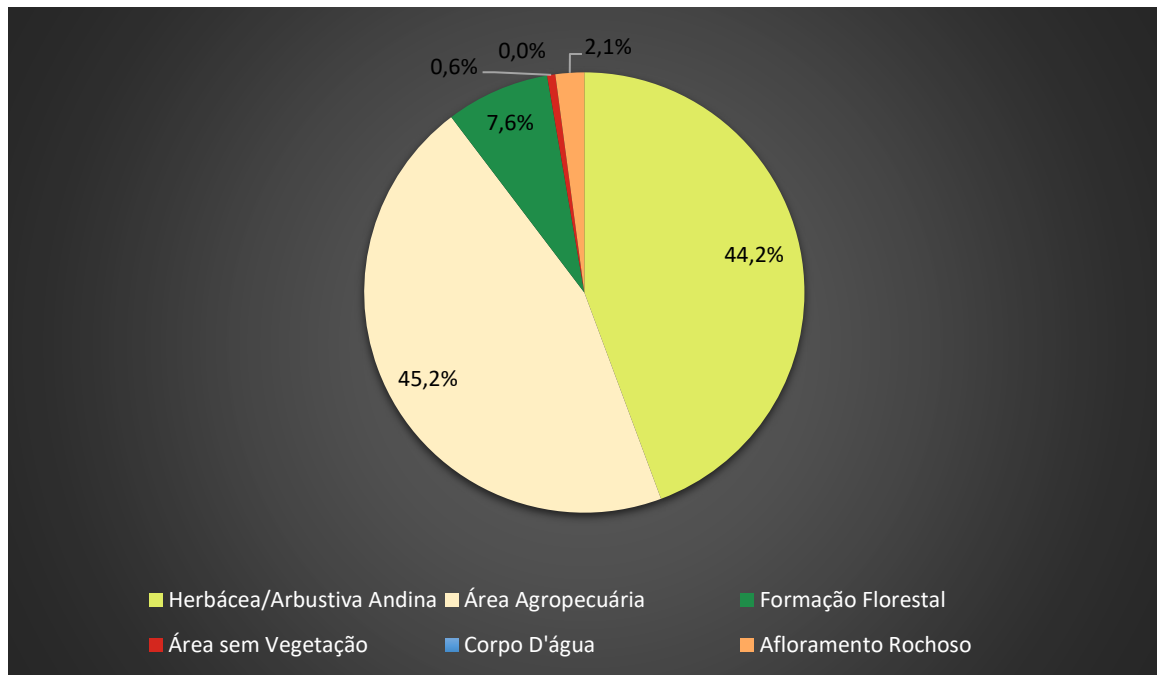
Fonte:(MAPBIOMAS,2020). Org. Autor (2025).

Tabela 1: Tipo de Uso e Cobertura da Terra em Área e Porcentagem (2020)

SÍMBOLO	USO DA TERRA	ÁREA (HA)	PORCENTAGEM (%)
	Herbácea/Arbustiva Andina	3.924 ha	44,2%
	Área Agropecuária	3.974 ha	45,2%
	Formação Florestal	669 ha	7,6%
	Área sem Vegetação	56 ha	0,6%
	Corpo D'água	0	0
	Afloramento Rochoso	162 ha	2,1%

Fonte:(MAPBIOMAS,2025). Org. Autor (2025).

Gráfico 1: Porcentagem do Uso e Cobertura da Terra (2020)



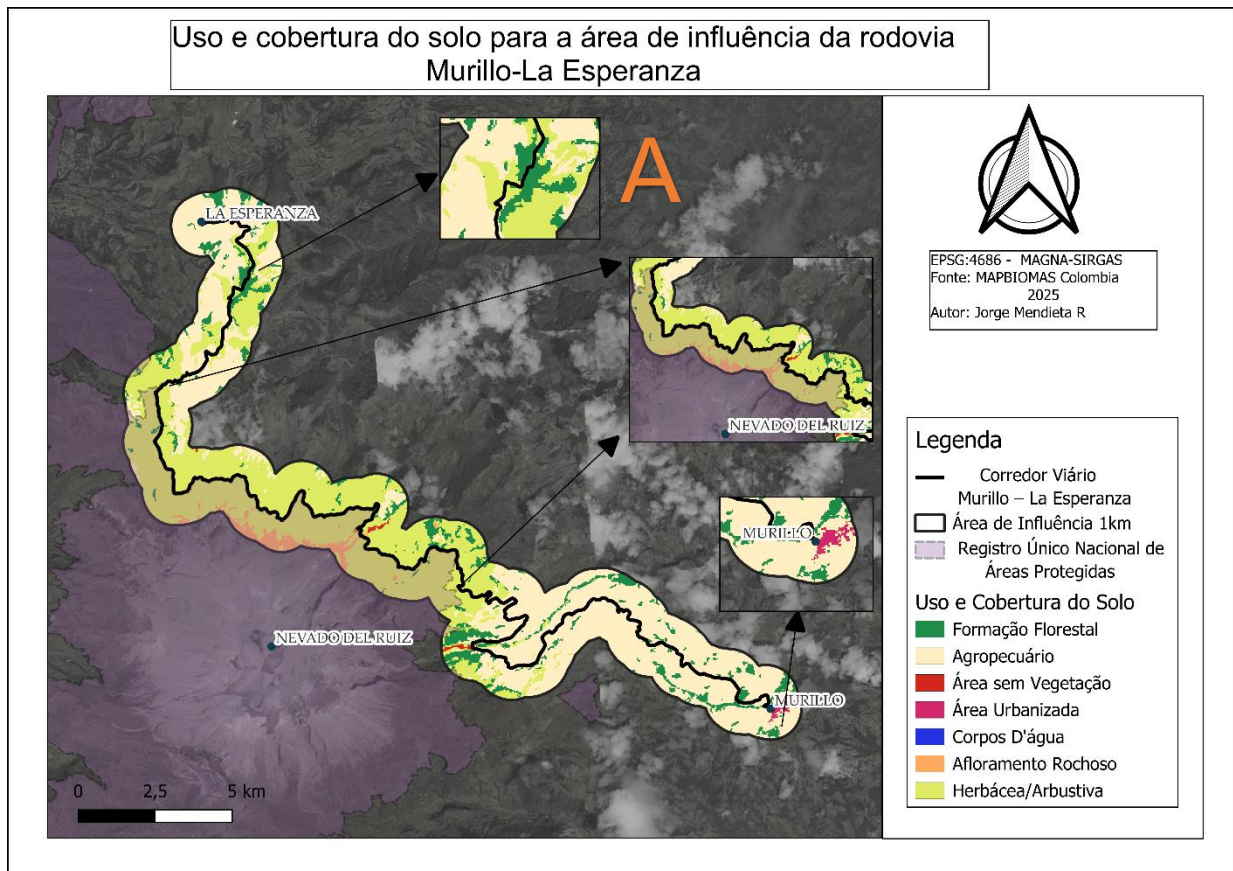
Fonte: (MAPBIOMAS, 2025). Org. Autor (2025).

O recorte temporal do ano 2022 corresponde ao período no qual o projeto de pavimentação estava em curso como representado na Figura 7, a área em destaque (zoom A) apresenta uma leve transformação mudando de uma “área sem vegetação” (2020) para uma “formação florestal” o que indica mudanças na classificação do MapBiomias ou uma mudança real no terreno em processos de regeneração. Em termos gerais, a classificação do uso e cobertura do solo não representa maior mudança entre o ano 2020 e 2022.

Complementarmente a tabela 2, apresenta as áreas e a porcentagem de cada uma das classes de cobertura de Uso do Solo, com relação a Tabela 1, as mudanças em área e porcentagem não são muito representativas. A alteração mais representativa é apresentada na classe de Formação Florestal, que passou de 7,6% para 8,2%, como confirmada a tendência no Gráfico 2.


O Gráfico 2, as classes de uso permanecem praticamente inalteradas em comparação com o ano de 2020. Isso sugere que mesmo na fase de construção da infraestrutura, não desencadeou em desmatamento a grande escala, mantendo-se assim a ocupação agropecuária consolidada.

Figura 7: Mapa Uso e cobertura da terra ano 2022



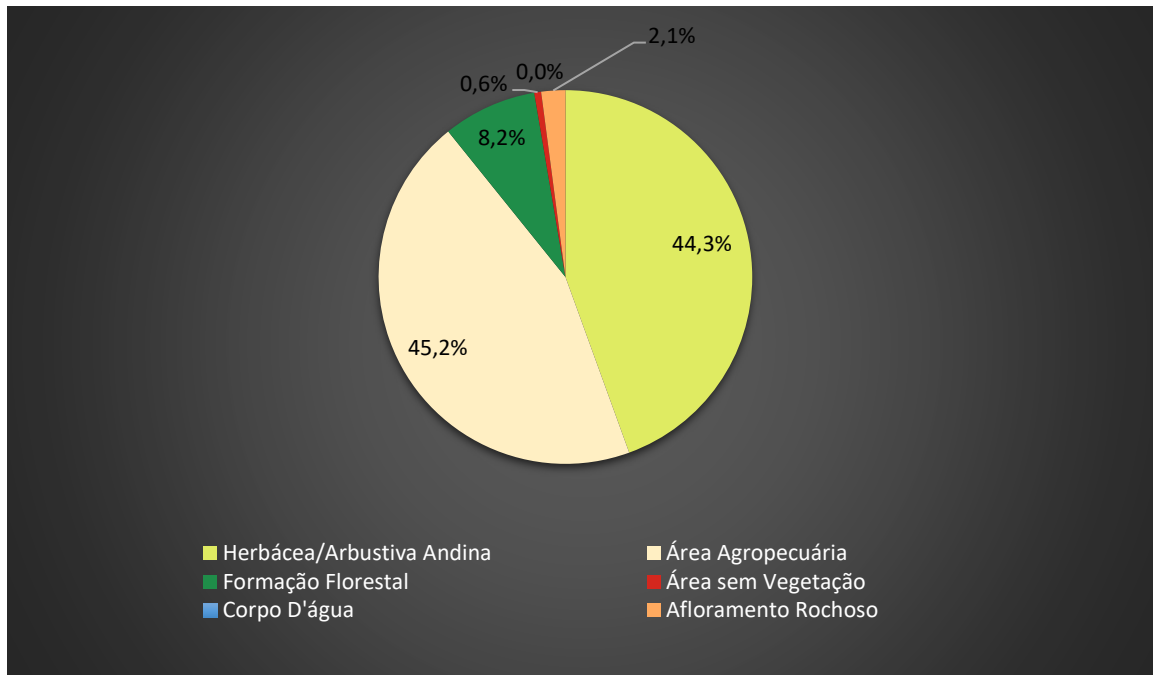
Fonte: (MAPBIOMAS,2025). Org. Autor (2025).

Tabela 2: Tipo de Uso e Cobertura da Terra em Área e Porcentagem (2022)

SÍMBOLO	USO DA TERRA	ÁREA (HA)	PORCENTAGEM (%)
	Herbácea/Arbustiva Andina	3.897 ha	44,3%
	Área Agropecuária	3.934 ha	45,2%
	Formação Florestal	720 ha	8,2%
	Área sem Vegetação	49 ha	0,6%
	Corpo D'água	1 ha	0
	Afloramento Rochoso	183 ha	2,1%

Fonte: (MAPBIOMAS,2025). Org. Autor (2025).

Gráfico 2: Porcentagem do Uso e Cobertura da Terra (2022)



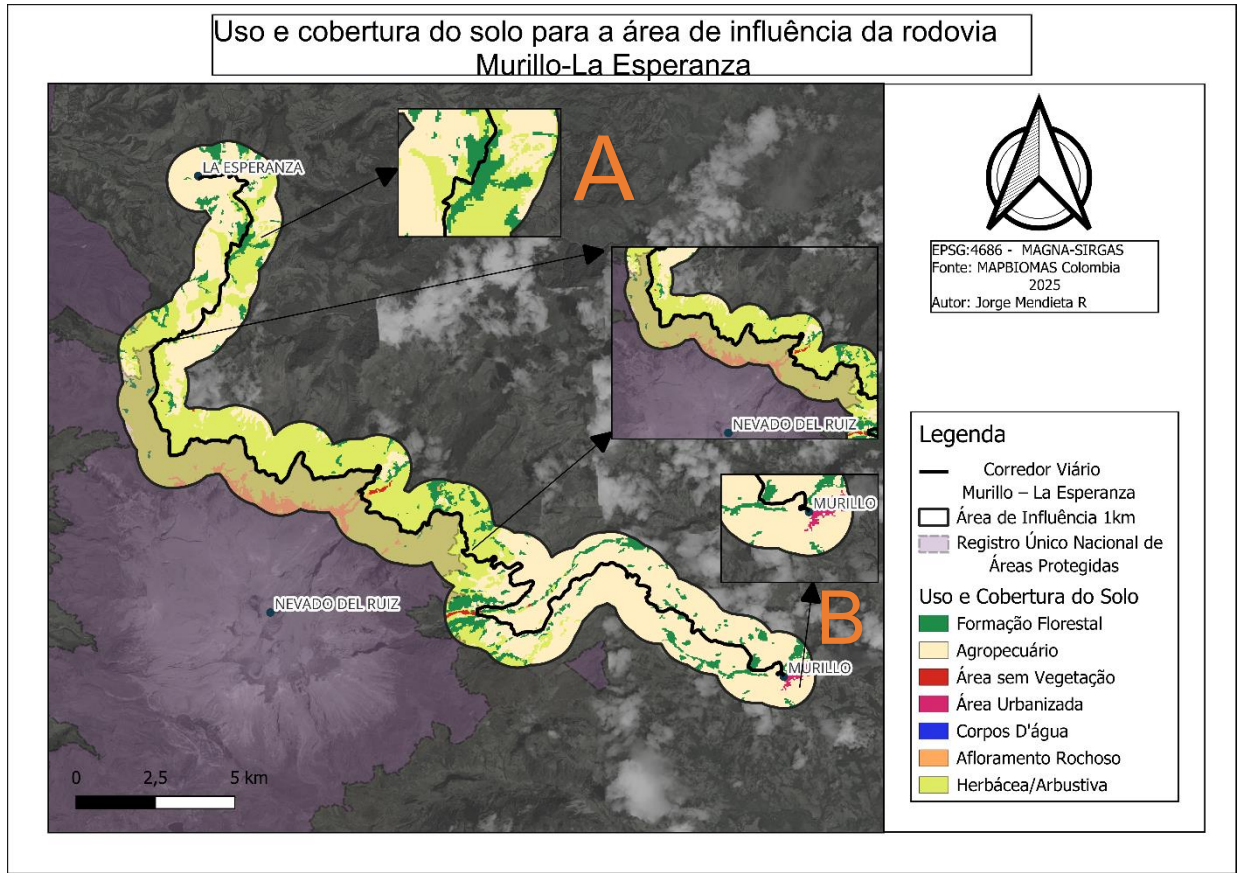
Fonte: (MAPBIOMAS, 2025). Org. Autor (2025).

Por fim, no mapa do ano (2024) Figura 8, período no qual finaliza a pavimentação, detalha dinâmicas pontuais em seus recortes específicos, no ponto (zoom A), persiste a consolidação percebida no período anterior, área de Formação Florestal. Em contrapartida, no ponto (zoom B) revela-se uma diminuição da área de formação florestal, dando passo ao avanço da fronteira agrícola, registrando uma remoção de remanescentes florestais que foram convertidos numa área para uso agropecuário.

Conforme a Tabela 3, detalha uma diminuição da área de formação florestal com relação ao período anterior que passou de 8.2% em (2022) para 8% no ano (2024). As demais classes permaneceram sem maiores alterações estatísticas, como corroborado pela distribuição visual do Gráfico 3.

O Gráfico 3, A ausência de uma expansão visual significativa da Formação Florestal ou da área agropecuária, denota a ausência de mudanças evidentes, entre as forças de conservação e de produção, após a entrega da rodovia.

Figura 8: Mapa Uso e cobertura da terra ano 2024



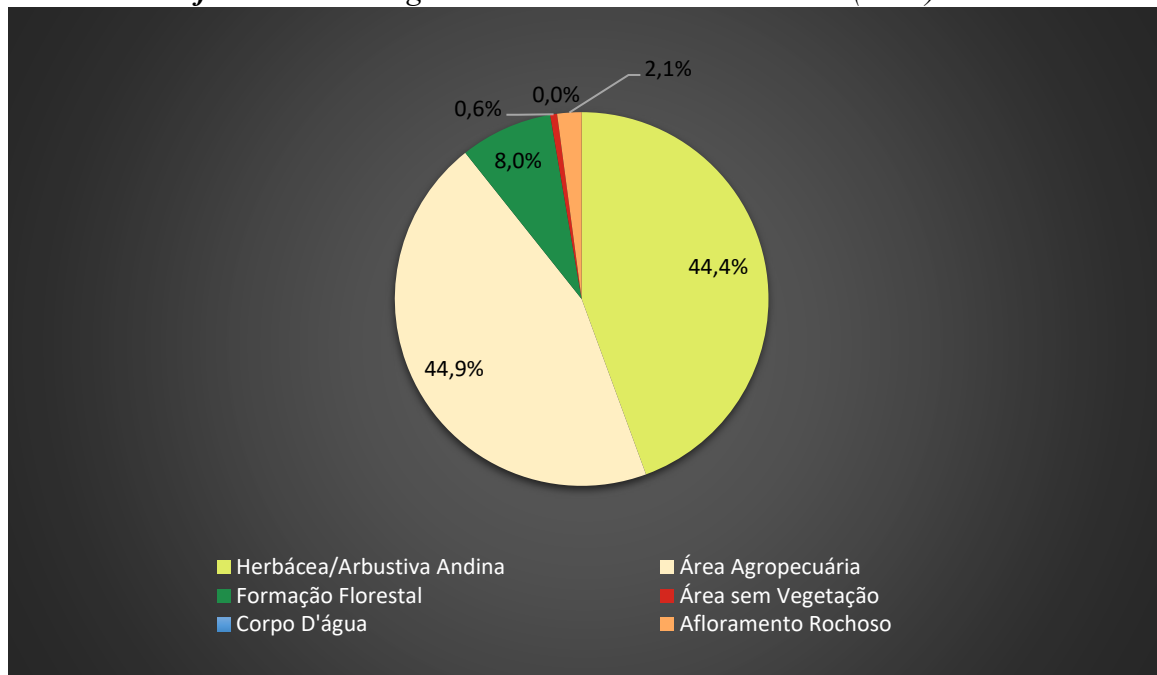
Fonte:(MAPBIOMAS,2024). Org. Autor (2025).

Tabela 3: Tipo de Uso e Cobertura da Terra em Área e Porcentagem (2024)

SÍMBOLO	USO DA TERRA	ÁREA (HA)	PORCENTAGEM (%)
	Herbácea/Arbustiva Andina	3.897 ha	44,4%
	Área Agropecuária	3.934 ha	44,9%
	Formação Florestal	720 ha	8%
	Área sem Vegetação	49 ha	0,6%
	Corpo D'água	1 ha	0
	Afloramento Rochoso	183 ha	2,1%

Fonte:(MAPBIOMAS,2025). Org. Autor (2025).

Gráfico 3: Porcentagem do Uso e Cobertura da Terra (2024)



Fonte: (MAPBIOMAS, 2025). Org. Autor (2025).

Em síntese, a análise espacial do projeto de pavimentação da rodovia Murillo – La Esperanza, como apresentado pelas figuras 6,7,8 de recortes temporais iniciada em 2020 e finalizada em 2024, não evidenciou mudanças significativas na configuração macro da paisagem. O avanço da fronteira agrícola é um fenômeno que altera o desenvolvimento do território. Neste sentido, para CORTOLIMA (2016) as zonas de paramos do departamento continuam estabelecendo atividades que incrementam a degradação do ecossistema, na sua maioria pelos monocultivos, as queimas e o uso dos agrotóxicos.

Neste sentido, é fundamental compreender que o projeto de pavimentação não é uma infraestrutura isolada, ela se estabelece como um vetor de poder conforme proposto por Raffestin (1993, p. 53). “O campo da relação é um campo de poder que organiza os elementos e as configurações”. Desta forma, A pavimentação atua como um catalisador que altera o sistema, transformando uma via secundária em um eixo turístico nacional. confirmando a visão de Souza (2024) de que o território é, antes de tudo, um campo de forças, onde a rodovia atua como uma infraestrutura a favor do desenvolvimento e, muitas vezes, em detrimento da conservação.

Os resultados evidenciam, portanto, uma dicotomia entre o ordenamento jurídico

e a realidade espacial. Embora a legislação ambiental (Decreto 2811 de 1974) e o Plano de Manejo do PNN Los Nevados estabeleçam zonas de amortecimento visando a proteção dos serviços ecossistêmicos (regulação hídrica), os dados do MapBiomas revelam uma matriz territorial fragmentada. Além disso como se observa nas figuras 6,7,8 a área de influência estabelecida para a análise atinge uma parte da zona definida como área de proteção no Registro Nacional de Áreas Protegidas.

A sobreposição das classes de 'Herbácea/Arbustiva Andina' com a zona de influência direta da rodovia (Tabelas 1-3) acende um alerta sobre a segurança hídrica descrita por CORTOLIMA (2016). Ao facilitar o acesso humano a estas altitudes (acima de 3.000 m.s.n.m.), a infraestrutura viária expõe os 'frailejones' e o solo orgânico — essenciais para a retenção de água — a novas pressões. A discussão aqui transcende o dado espacial e retorna à geografia política. A infraestrutura serve à conectividade regional (ANI), mas coloca em xeque o 'território da água' que sustenta a população a jusante.

Conclui-se, com honestidade metodológica, que o presente estudo estabeleceu uma estabilidade na Cobertura e Uso do território observada nos dados do análise multitemporal. Contudo, o fato de a pavimentação não ter resultado em desmatamento massivo detectável neste curto período (2020-2024) pode ser atribuído à resolução espacial (30 metros) ou ao tempo de resposta do ecossistema. No entanto, a consolidação da matriz agropecuária em quase metade da área de estudo comprova a ineficácia dos instrumentos de gestão em recuperar o espaço protegido, evidenciando um conflito latente entre a norma de preservação e a realidade produtiva impulsionada pela estrada. É essencial apontar que com quase um ano da pressão por o turismo em massa, as mudanças não são evidenciadas. Assim, pode ser que o período é curto para apresentar mudanças verificáveis ou nesse mesmo sentido a resolução oferecida de 30 metros por MapBiomas não seja suficiente para observá-lo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para concluir, o projeto de pesquisa, buscou analisar as transformações territoriais do projeto de viário. Nessa lógica, a análise multitemporal baseada na plataforma MapBiomias, permitiu constatar que a área estudada, não apresentou ainda maiores modificações físicas na paisagem. Desta forma, os dados quantitativos evidenciaram, a coexistência entre a conservação e a exploração econômica resultados quantitativos evidenciaram uma coexistência entre a conservação e a exploração econômica: cerca de 44% da área mantém-se coberta por vegetação nativa (Herbácea/Arbustiva Andina), fundamental para a regulação hídrica, enquanto aproximadamente 45% já se encontra consolidada como área agropecuária.

Confirmando a tese de Souza (2024) de que o território é definido pelo exercício do poder, observa-se que a infraestrutura viária ampliou a assimetria de forças, onde a pressão econômica do turismo de massa pode desafiar os instrumentos normativos de proteção ambiental. Como anunciado por diversos jornais, exemplo disso Caracol Radio (2024) expressa, “Essa grande quantidade de visitantes está realizando uma série de práticas que atentam contra este ecossistema. Como, por exemplo: abraçar frailejones, cercear os mesmos, caminhar em áreas protegidas, jogar lixo, depositar moedas na nascente do Río Lagunilla como sinal de boa sorte e outras ações que põem em perigo este lugar”. Neste sentido, a soma igual de forças não representa um ganho para a conservação do ecossistema pelo contrário possibilita o debilitamento, embora se tenham mecanismos de vigilância e controle a introdução de turismo em massa impossibilita em sua maioria o controle por parte destas entidades.

O ecossistema do páramo, é vital para o abastecimento hídrico de milhões de pessoas, isso somente depende agora de uma fiscalização rigorosa do Parque, além disso de mecanismo como o ordenamento territorial que reconheça a estrada como um elemento de tensão permanente e que estabeleça medidas que consigam uma conservação efetiva da área.

Conclui-se, portanto, que a estabilidade das classes de uso do solo observada nos mapas, não apresenta modificações significativas que alterem o território. Para o

estudo, o uso do sensoriamento remoto forneceu mecanismos para avaliar a composição do território, enquanto a teoria permitiu compreender a dinâmica territorial, neste sentido confirma a necessidade de elaborar mecanismos que permitam uma abordagem geográfica que explore mecanismos tanto físicos como sociais com o objetivo de analisar o espaço.

Para pesquisas futuras, sugere-se o monitoramento contínuo desta área, visto que os impactos da infraestrutura em ecossistemas de páramo tendem a ser cumulativos. Fica evidente que, existem melhores instrumentos para realizar uma abordagem mais rigorosa, para um maior aproveitamento dos recursos recomenda-se trabalhar com imagens satelitais de maior resolução, tendo em conta que a área estudada apresenta constante nuvens o que dificulta a utilização de imagens, desta forma também é recomendável o uso de instrumentos não tripulados(drones), ainda que a presença de fortes ventos seja um desafio para os futuros trabalhos.

REFERÊNCIAS

Agencia Nacional de Infraestructura. **Informe auditoría técnica al proyecto IP Cambao - Manizales**. Bogotá, D.C.: ANI, 2021. Disponível em: https://www.ani.gov.co/sites/default/files/auditoria_tecnica_al_proyecto_ip_cambao_manizales.pdf. Acesso em: 2 out. 2025.

ANTUNES, Dinameres Aparecida; MORO, Rosemeri Segecin. **Critérios para delimitação de bordas de estradas na análise de paisagem**. Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 156-166, jan./jun. 2017. DOI: 10.5212/TerraPlural.v.11i1.0010.

CARACOL RADIO. La avalancha de turistas que afecta al Parque Natural de Los Nevados. Bogotá, 17 out. 2024. Disponível em: <https://caracol.com.co/2024/10/17/la-avalancha-de-turistas-que-afecta-al-parque-natural-de-los-nevados/>. Acesso em: 7 dez. 2025.

COLÔMBIA. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). **Apêndice 1: alcance del proyecto**. Bogotá, D.C., 18 mar. 2015. Disponível em: https://www.ani.gov.co/sites/default/files/hiring/16985/396//23.20150318_apendice_1-alcance_del_proyecto.pdf. Acesso em: 28 nov. 2025.

COLOMBIA. Decreto nº 2372, de 1 de julho de 2010. Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Bogotá: Función Pública, 2010. Disponível em: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=39961>. Acesso em: 5 nov. 2025.

COLÔMBIA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. **Resolución n. 0859, de 8 de julio de 2024**. Por medio de la cual se da cumplimiento a un fallo judicial proferido por la Honorable Corte Suprema de Justicia Sala de Casación Laboral y en consecuencia se ordena la actualización de la representación cartográfica del Parque Nacional Natural Los Nevados y se toman otras determinaciones. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024. Disponível em: https://www.parquesnacionales.gov.co/wp-content/uploads/2024/09/res_0859_08072024_MMA_PNN_Nevados.pdf. Acesso em: 28 nov. 2025.

COLÔMBIA. Presidencia de la República. Decreto nº 1076, de 26 de mayo de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C.: Función Pública, 2015. Disponível em: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=78153. Acesso em: 27 nov. 2025.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA (CORTOLIMA). Entorno Regional del Complejo de Páramos “Los Nevados” en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Tolima – CORTOLIMA. 2016. Disponível em: https://cortolima.gov.co/images/estudio/paramos/ENTORNO_REGIONAL_DEL_COMPLEJO_DE_P%C3%81RAMOS_PN.N._LOS_NEVADOS_2016_p.pdf. Acesso em: 27 out. 2025.

Corte Suprema de Justicia. Sala de Casación Laboral. **Sentencia de Tutela STL10716-2020.** Magistrada Ponente: Clara Cecilia Dueñas Quevedo. Radicación n. 90309. Bogotá, D.C., 28 out. 2020. Disponível em: <https://cortesuprema.gov.co/corte/wp-content/uploads/2020/11/STL10716-2020.pdf>. Acesso em: 16 out. 2025.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto.** 3. ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; PLUYE, Pierre; RICARTE, Ivan Luiz Marques. **Métodos de pesquisa mistos e revisões de literatura mistas: conceitos, construção e critérios de avaliação.** InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação, Ribeirão Preto, v. 8, n. 2, p. 4-24, set. 2017/fev. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2178-2075.v8i2p4-24>. Acesso em: 15 dez. 2025.

GOOGLE. **Google Earth Engine:** Google Earth Education. Disponível em: <https://www.google.com/earth/education/tools/google-earth-engine/>. Acesso em: 8 dez. 2025.

GORELICK, Noel *et al.* Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, [S.l.], v. 202, p. 18-27, out. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003442571730263X>. Acesso em: 9 dez. 2025.

IBRAHIN, Francini Imene Dias. **Introdução ao geoprocessamento ambiental.** 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). **Informe del estado de los glaciares colombianos 2020.** Bogotá, D.C.: IDEAM, 2020. Disponível em: https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/2025-05-20/4_ieg_c_2020_informe_del_estado_de_los_glaciares_colombianos_2020.pdf.

Acesso em: 28 out. 2025.

MAPBIOMAS COLOMBIA, 2025. Disponível em: <https://colombia.mapbiomas.org/>. Acesso em: 15 dez. 2025.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. **Resolução nº 0191, de 02 de marco de 2020.** Por la cual se establecen los requisitos para la aprobación y el desarrollo de los proyectos de inversión en el marco del mecanismo de obras por impuestos y se dictan otras disposiciones. [Bogotá, D.C.]: Minambiente, 2020. Disponível em: <https://archivo.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/7f-Res%200191%20de%202020.pdf>. Acesso em: 3 out. 2025.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello (Org.). **Reflectância dos materiais terrestres: análise e interpretação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

LORENZZETTI, João Antônio. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. São Paulo: Blucher, 2015.

LOZANO, Cruz Elvia Andrea. **La Relevancia De Las Actividades Ecoturísticas En Colombia: Una Aproximación Económica Y Social Para Su Desarrollo En El Parque Nacional Natural Los Nevados**. Colômbia, Revista Geográfica Digital. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE. Año 14. Nº 28. Julio - Diciembre 2017.

Parques Nacionales Naturales de Colombia. Dirección Territorial Andes Occidentales. **Plan de Manejo 2017 – 2022 Parque Nacional Natural Los Nevados**. Manizales, 2017. Disponível em: <https://www.parquesnacionales.gov.co/wp-content/uploads/2020/10/plan-de-manejo-pnn-los-nevados.pdf> . Acesso em: 24 out. 2025.

Parques Nacionales Naturales de Colombia. **Informe anual de visitantes en áreas protegidas con vocación ecoturística 2024**. Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2025. Disponível em: <https://www.parquesnacionales.gov.co/wp-content/uploads/2025/03/INFORME-ANUAL-DE-VISITANTES-EN-AREAS-PROTEGIDAS-CON-VOCACION-ECOTURISTICA-2024.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2025.

PEREA, Ardila. *et al.* **Determinación de la cobertura y uso del suelo utilizando RapidEye en el Parque Nacional Natural Los Nevados y su zona amortiguadora en Colombia**. Revista de Ciencias Ambientales, Heredia, v. 56, n. 2, p. 148-176, jul./dez. 2022. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rca/v56n2/2215-3896-rca-56-02-146.pdf>. Acesso em: 3 out. 2025.

RAFFESTIN, Claude. **Por uma geografia do poder**. São Paulo: Editora Ática, 1993. primeira parte Capítulo III, terceira parte Capítulo I.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2014.

SCHWANZ, Vinícius Bartz; *et al.* **A dinâmica das coberturas e usos da terra e as ameaças à geodiversidade no município de São Lourenço do Sul (Brasil)**. Physis Terrae: Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente, Guimarães, v. 5, n. 2-3, p. 305-316, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Adriano-Simon/publication/377072841_A_dinamica_das_coberturas_e_usos_da_terra_e_as_ameacas_a_geodiversidade_no_municipio_de_Sao_Lourenco_do_Sul_Brasil/links/6596a7b73c472d2e8eb46f72/A-dinamica-das-coberturas-e-usos-da-terra-e-as-ameacas-a-geodiversidade-no-municipio-de-Sao-Lourenco-do-Sul-Brasil.pdf. Acesso em: 15 dez. 2025.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **Os conceitos fundamentais da pesquisa sócio-espacial**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. P.320.

STEIN, Ronei Tiago *et al.* **Cartografia digital e sensoriamento remoto**. Porto Alegre: SAGAH, 2020.