

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA E INOVAÇÃO
DO ESPÍRITO SANTO - PROGRAMA PIC JR
IFES - CAMPUS VENDA NOVA DO IMIGRANTE
EEEFM FIORAVANTE CALIMAN

Análise Socioespacial da Emergência Climática em Venda Nova do Imigrante: Caminhos para a Ação Local

Venda Nova do Imigrante
2025

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA E INOVAÇÃO
DO ESPÍRITO SANTO - PROGRAMA PIC JR
IFES - CAMPUS VENDA NOVA DO IMIGRANTE
EEEFM FIORAVANTE CALIMAN

Clara da Silva Peterli
Carolina dos Santos Kuster
Eloá Dantas Batista
Felippe Dias Bernabé
Maurício Mascarello de Sousa

**Análise Socioespacial da Emergência
Climática em Venda Nova do Imigrante:
Caminhos para a Ação Local**

Trabalho de pesquisa apresentado ao Programa de Iniciação Científica Júnior (PIC Jr.) da FAPES, como parte dos requisitos para a realização das atividades previstas na iniciação científica. Orientador: **Prof. Dr. Rafael Santos da Luz Monteiro**. Coordenador: **Prof. Dr. Vinicius Lordes Dias**.

Venda Nova do Imigrante
2025

Resumo

A emergência climática configura-se como um desafio global com manifestações locais cada vez mais evidentes. Este projeto de iniciação científica, desenvolvido por estudantes do ensino médio da EEEFM Fioravante Caliman, tem como objetivo central analisar a dimensão socioespacial da crise climática no município de Venda Nova do Imigrante-ES, propondo caminhos para a ação local. A pesquisa parte da premissa de que o modelo de vida urbano-industrial global é um dos principais impulsionadores do problema, cujos impactos – como eventos de seca e chuvas extremas – repercutem diretamente em territórios vulneráveis. A metodologia integrou levantamento bibliográfico, aulas temáticas e trabalhos de campo, permitindo aos estudantes conectar a escala global do fenômeno com suas expressões locais, particularmente na economia agrícola e turística do município. Para além do diagnóstico, o estudo visa fomentar a capacidade crítica e propositiva dos jovens pesquisadores, incentivando-os a elaborar alternativas locais que contribuam para a resiliência climática e a superação dos desafios impostos pelo aquecimento global. O trabalho reforça, assim, o papel da educação científica na formação de cidadãos conscientes e protagonistas na construção de um futuro sustentável.

Palavras-chave: Emergência Climática; Análise Socioespacial; Venda Nova do Imigrante; Iniciação Científica; Ensino Médio; Ação Local.

Lista de Figuras

Figura 1 - Representação do ciclo climático dos incêndios e o agravamento do efeito estufa	16
Figura 2 - Alterações no nível do mar entre 1993-2023	21
Figura 3 - Exemplo 1 de paisagem com fragmentação de habitats.	48
Figura 4 - - Exemplo 2 de paisagem com fragmentação de habitats.	49
Figura 5 - Exemplo de Jardim de Chuva, Parede Verde ou Jardim Vertical	52
Figura 6 - Infográfico sobre como SBNs contribuem para a drenagem urbana	53
Figura 7 - Desenho representativo sobre Jardim de Chuva	55
Figura 8 - Desenho representativo sobre a estrutura de Telhados Verdes.....	56
Figura 9 - Desenho representativo sobre esquema estrutural de Bivaletas.....	57
Figura 10 - Embaúba (<i>Cecropia pachystachya</i>)	58
Figura 11 - Pau-jacaré (<i>Piptadenia gonoacantha</i>).....	59
Figura 12 - Guapuruvu (<i>Schizolobium parahyba</i>).....	59
Figura 13 - Ingá (<i>Inga vera</i> , <i>Inga marginata</i>).....	60
Figura 14 - Capixingui (<i>Croton floribundus</i>).....	60
Figura 15 - Ipê-amarelo (<i>Handroanthus albus</i>).....	61
Figura 16 - Ipê-roxo (<i>Handroanthus heptaphyllus</i>)	61
Figura 17 - Pitangueira (<i>Eugenia uniflora</i>).....	62
Figura 18 - Araçá (<i>Psidium cattleianum</i>)	62
Figura 19 - Aroeira-pimenteira (<i>Schinus terebinthifolia</i>)	63
Figura 20 - Camboatá (<i>Cupania vernalis</i>)	63
Figura 21 - Jequitibá-rosa (<i>Cariniana legalis</i>).....	64
Figura 22 - Jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i>).....	65
Figura 23 - Guaruaia (<i>Parapiptadenia rigida</i>)	65
Figura 24 - Canela-preta (<i>Nectandra megapotamica</i>)	66
Figura 25 - Cedro-rosa (<i>Cedrela fissilis</i>).....	66
Figura 26 - Pau-brasil (<i>Paubrasilia echinata</i>)	67
Figura 27 - Pitanga (<i>Eugenia uniflora</i>)	67
Figura 28 - Uvaia (<i>Eugenia pyriformis</i>).....	68
Figura 29 - Grumixama (<i>Eugenia brasiliensis</i>)	68
Figura 30 - Jabuticaba (<i>Plinia cauliflora</i>)	69
Figura 31 - Araçá-boi (<i>Eugenia stipitata</i>).....	69

Lista de Quadros

Quadro 1 - Quadro de análise de suscetibilidade de risco ambiental do município de Venda Nova do Imigrante-ES.....	45
--	----

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Emissões globais dos gases do efeito estufa por setor econômico - IPCC, 2014.	13
Gráfico 2 - A participação das distintas modalidades de transporte na emissão de GEE - 1970 a 2010.....	19

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL À EMERGÊNCIA CLIMÁTICA: UM ESTUDO SOBRE AS BASES HISTÓRICAS E OS VETORES CONTEMPORÂNEOS DO AQUECIMENTO GLOBAL	9
1.1 O que são mudanças climáticas e quais são as suas causas?	10
1.2 Quais os principais riscos associados ao aumento da temperatura global?	20
1.3 Como as mudanças climáticas afetam diferentes regiões do planeta?	27
1.3.1 As mudanças climáticas no contexto capixaba	30
2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL LOCAL: RELEVO, CLIMA E RECURSOS HÍDRICOS NA SERRA CAPIXABA.....	32
2.1 Padrões de chuva, temperatura e relevo em Venda Nova do Imigrante e na Região Serrana do Espírito Santo	34
2.2 Condição hídrica: rios importantes, qualidade da água e conservação dos mananciais	39
2.3 Há escassez hídrica? Ocorreram eventos extremos recentes?	41
2.4 Suscetibilidade a Deslizamentos de Massa em Venda Nova do Imigrante	43
2.5 Condição Ambiental e Riscos Naturais em Venda Nova do Imigrante (ES)	46
3. A FRAGMENTAÇÃO DE HABITATS E SEUS IMPACTOS	47
3.1 Efeito de Borda	49
3.2 Fragmentação de Habitats e Seu Impacto na Fauna e Flora Local	50
3.3 Fragmentação de Habitats e Seu Impacto na Economia.....	50
3.4 Corredores Ecológicos e Seu Papel na Desfragmentação de Habitats	50
4. SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA(SBN) E SUA POSSÍVEL CONTRIBUIÇÃO PARA VENDA NOVA DO IMIGRANTE.....	51
4.1 Jardins de chuva.....	55
4.2 Telhados verdes	55
4.3 Restauração da vegetação nativa	56
4.4 Biovaletas	56

4.5 Pocket Forests ou método Miyawaki	57
4.5.1 Espécies pioneiras (crescem rápido, preparam o solo)	58
4.5.2 Espécies secundárias (crescimento médio, maior longevidade)	61
4.5.3 Espécies Climax ou Climácicas (crescimento lento, longa duração, estruturam a floresta madura)	64
4.5.4 Frutíferas nativas (atraem fauna).....	67
4.6 O Impacto Positivo do Envolvimento Comunitário.....	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS.....	71

Introdução

A emergência climática global constitui um dos desafios mais complexos e urgentes do século XXI, caracterizada por alterações profundas nos sistemas naturais e por impactos socioeconômicos crescentes (IPCC, 2021). Fenômenos como secas prolongadas, eventos pluviométricos extremos e alterações nos regimes de temperatura são manifestações locais de um problema de escala planetária, impulsionado predominantemente pelo modelo urbano-industrial baseado em altas emissões de carbono (BRASIL, 2009; NASA, 2024). Compreender essas dinâmicas exige um olhar que articule a macroescala das mudanças climáticas com a microescala dos territórios, onde seus efeitos se materializam de forma concretamente percebida pela população.

Este trabalho, intitulado “Análise Socioespacial da Emergência Climática em Venda Nova do Imigrante: Caminhos para a Ação Local”, é fruto de um projeto de iniciação científica desenvolvido por estudantes do ensino médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Fioravante Caliman. A pesquisa emerge da premissa de que o conhecimento científico não é uma esfera distante da realidade discente, mas uma ferramenta poderosa para decifrar e intervir no mundo que os cerca. A motivação central é aprofundar a compreensão dos estudantes sobre os impactos do atual modelo de vida, partindo da constatação de que as implicações globais da crise climática interferem diretamente na realidade socioeconômica e ambiental de seu município.

A escolha de Venda Nova do Imigrante como lócus da investigação não é aleatória. O município, situado na região serrana do Espírito Santo, possui uma economia fortemente ancorada na agricultura familiar e no agroturismo (MÉNDEZ-QUINTERO et al., 2023). Essas atividades são particularmente sensíveis às variações climáticas. Eventos de estiagem, como a severa crise hídrica que afetou o estado entre 2014 e 2017 (INCAPER, 2017; RAMOS et al., 2016), e os episódios de chuvas intensas, que acarretam movimentos de massa e inundações (CPRM, 2014; MACHADO DA SILVA; SOARES FIALHO, 2021), já demonstram a vulnerabilidade local perante a nova climatologia.

A metodologia do projeto foi construída de forma integrada, combinando levantamento bibliográfico sobre a crise climática, aulas temáticas sobre seus fundamentos físicos e sociais, e trabalhos de campo para observação in loco de áreas de risco, recursos hídricos e práticas socioeconômicas. Essa abordagem multifacetada permitiu aos jovens pesquisadores conectar teoria e prática, identificando como fenômenos globais – como o aquecimento médio do planeta e o aumento da frequência de extremos climáticos – se desdobram em consequências específicas para a paisagem, a economia e a comunidade de Venda Nova do Imigrante.

Para além do diagnóstico, o exercício da pesquisa tem um propósito propositivo. Ao reconhecerem as vulnerabilidades e os potenciais de seu território, os estudantes são instigados a transcender a análise crítica e a engajar-se na construção de alternativas de superação. O objetivo final é, portanto, duplo: gerar um conhecimento situado sobre a emergência climática no município e, simultaneamente, empoderar a nova geração para pensar e propor caminhos de ação local que contribuam para a resiliência socioambiental e a mitigação do aquecimento global. Este plano de análise representa, assim, não apenas um produto acadêmico, mas um manifesto de que a juventude, quando instrumentalizada com o conhecimento científico, pode ser uma protagonista fundamental na busca por um futuro mais sustentável e justo.

DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL À EMERGÊNCIA CLIMÁTICA: UM ESTUDO SOBRE AS BASES HISTÓRICAS E OS VETORES CONTEMPORÂNEOS DO AQUECIMENTO GLOBAL

Após a Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, tornou-se cada vez mais evidente a necessidade de alerta e preocupação com o meio ambiente. Embora esse período tenha promovido avanços significativos em diversos setores da sociedade, também provocou impactos prejudiciais à natureza. Entre os principais fatores que contribuíram para esse cenário, destacam-se a emissão de gases de efeito estufa, a intensificação das atividades agrícolas e pecuárias, bem como a exploração crescente do carvão mineral.

Esses fatores atuaram diretamente na degradação do solo e na perda da biodiversidade. Além disso, o acelerado processo de urbanização e a concentração populacional em áreas urbanas resultaram no aumento do consumo de energia e recursos naturais, além de intensificar a poluição da água e do solo.

Observa-se, ao longo do tempo, a intensificação da degradação ambiental após esse período. Os impactos causados pelas ações humanas têm se acelerado, esgotando recursos naturais e promovendo a emissão de poluentes em proporções cada vez maiores. Tal cenário tem conduzido o mundo a um estado de emergência climática.

O conceito de “emergência climática” refere-se a um estado de alerta diante de eventos climáticos extremos, sendo frequentemente declarado por órgãos governamentais, cientistas e autoridades especializadas, com o objetivo de informar e alertar a sociedade sobre as alterações do clima e seus impactos.

A utilização do termo “*emergência*” ressalta a urgência da situação e evidencia a necessidade da adoção de medidas imediatas e eficazes para mitigar os danos ambientais. Um exemplo relevante encontra-se na atuação da Corte Internacional de Justiça, órgão da Organização das Nações Unidas (ONU), que reconhece as mudanças climáticas como uma “*ameaça urgente e existencial*”. O parecer consultivo da Corte sublinha que a solução definitiva para o problema requer a contribuição de todos os campos do conhecimento. De acordo com (IWASAWA,2025):

acima de tudo, uma solução duradoura e satisfatória requer vontade e sabedoria humanas nos níveis individual, social e político para mudar hábitos humanos, confortos e o modo de vida atual, a fim de garantir um futuro para gerações atuais e futuras (IWASAWA,2025) .

As emergências climáticas são acompanhadas por diversos fatores, sendo atribuídas, em grande parte, às ações antrópicas. A atividade humana tem desempenhado um papel central na intensificação de eventos climáticos extremos, conduzindo o mundo a um estado de alerta permanente. Nesse contexto, as mudanças climáticas configuram-se como uma das principais colaboradoras desse cenário de emergência.

1.1 O que são mudanças climáticas e quais são as suas causas?

As mudanças climáticas consistem em alterações de longo prazo nos padrões climáticos da Terra. Segundo a NASA (2024), essas alterações podem ocorrer de maneira natural ou por influência das atividades humanas. De acordo com Oliveira (2009), é fundamental compreender primeiramente o funcionamento das mudanças climáticas naturais, ou seja, como o clima terrestre pode variar sem a interferência humana.

O autor destaca que *“entender como funcionam os processos climáticos sem a interferência humana ajuda o ser humano a dimensionar o real impacto de suas ações e intervenções na natureza”* (OLIVEIRA, 2009, p. 71). Desse modo, é importante reconhecer que o conceito de mudanças climáticas não está restrito às ações humanas, mas também inclui fenômenos naturais que sempre existiram e foram fundamentais para a formação e evolução da vida no planeta.

Entre esses fenômenos naturais, destacam-se as atividades vulcânicas, o El Niño — que altera a circulação atmosférica e pode causar secas e enchentes —, e a La Niña, responsável pelo resfriamento das águas do Oceano Pacífico Equatorial. Além disso, aspectos como a inclinação do eixo terrestre e os movimentos orbitais do planeta também contribuem para as oscilações climáticas ao longo da história.

Oliveira (2009) ressalta que:

Essas variações naturais evidenciam que as mudanças climáticas são inerentes à dinâmica da Terra. No entanto, nas últimas décadas, observa-se um aumento expressivo na influência humana sobre o clima global, intensificando essas mudanças de forma preocupante.

Há aproximadamente 2,4 milhões de anos, já havia mantos de gelo no continente do Hemisfério Norte. A partir daí, observam-se alternâncias rítmicas, de frio e calor, num período próximo de 41 mil anos. Essa situação de oscilações frequentes e relativamente pouco intensas vai até mais ou menos 900 mil anos atrás, quando as oscilações, tendendo a períodos frios, tornam-se muito mais intensas e passam a ocorrer a cada 100 mil anos (OLIVEIRA, 2009, p. 78).

Isso torna perceptível que as alternâncias na temperatura do clima ocorrem há milhares de anos. Contudo, é importante ressaltar que, atualmente, “[...]segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, a ação do homem é considerada a principal causa para o aumento da temperatura do planeta nos últimos dois séculos” (RAÍZEN, 2022). Esse fato tem ganhado destaque nas últimas décadas, intensificando o debate entre políticos, acadêmicos e cientistas acerca da crescente influência da atividade humana nas mudanças climáticas.

Após a Revolução Industrial, a temperatura do planeta tornou-se evidentemente mais elevada em comparação ao período anterior ao processo de industrialização. Segundo a Organização Meteorológica Mundial, com o aumento da emissão de gases na atmosfera, o consumo exagerado e a exploração exacerbada dos recursos naturais, o desmatamento foi acelerado (SANTOS, 2025). Em um primeiro momento, o ser humano buscava os recursos naturais por seu valor de uso, com o objetivo de garantir sua sobrevivência. Com o passar do tempo, essa relação deixou de ser apenas uma necessidade, atribuindo-se aos recursos um valor de troca, como afirma Oliveira (2009, p.115):

Depois veio a sociedade do capital, em que os recursos naturais assumiram a dimensão de valor de troca, um fator de produção capital e, portanto, de mercadoria. No processo contínuo de transformações da sociedade, o ser humano vem submetendo o meio ambiente aos seus desejos-que, muitas vezes, vão além de suas necessidades básicas de sobrevivência- sem se preocupar com o impacto de suas ações no ambiente.

Segundo Oliveira, “a significativa parcela de gases de efeito estufa antrópicos advém de uma série de atividades que são a base do funcionamento do mundo moderno, das quais pode-se destacar” (OLIVEIRA, 2009, p. 118). Com isso, o autor menciona que a queima de combustíveis fósseis nos transportes, assim como na indústria e na construção civil, além do uso de carvão mineral, óleo combustível e gás natural para a geração de energia em usinas termelétricas, respondem pela maioria das emissões do setor energético.

Além disso, atividades como o desmatamento, a agropecuária, as queimadas, a produção de metano — proveniente dos setores de energia, agropecuária e resíduos sólidos humanos —, bem como a emissão de dióxido nitroso oriunda do manejo agrícola, e a utilização de hidrofluorcarbonos, perfluorcarbonos e hexafluoreto de enxofre nos processos industriais, além da produção de cimento e de produtos químicos, são exemplos adicionais de fontes emissoras.

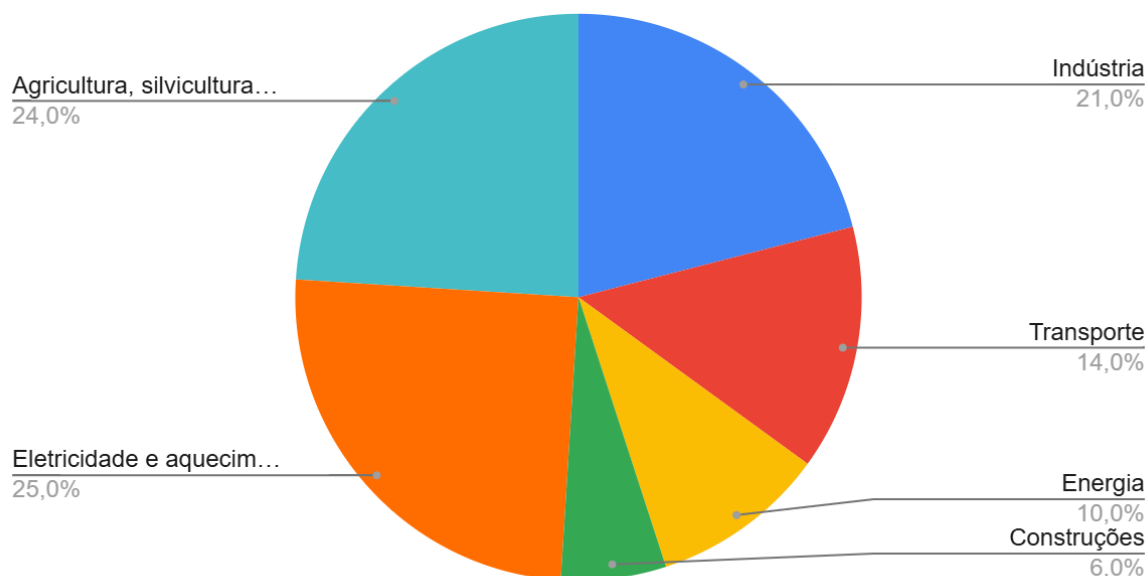
Fica evidente, portanto, que, conforme a humanidade se transforma, o clima também sofre alterações. Dessa forma, as mudanças climáticas passam a ter, cada vez mais, menor influência de causas naturais, tornando-se predominantemente mudanças climáticas de origem antropogênica, ou seja, diretamente influenciadas pelas ações humanas.

1.1.2 As Influências antropogênicas na Geração de energia e o aquecimento global

Com a expansão das produções industriais, aumentou significativamente a concentração de poluentes no planeta dos quais intensificam o efeito estufa. Ainda, a geração de energia tem maior parcela de emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa).

Gráfico 1 - Emissões globais dos gases do efeito estufa por setor econômico - IPCC, 2014.

Emissões globais dos gases do efeito estufa por setor econômico - IPCC, 2014.



Fonte: IPCC, 2014. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente>

Atualmente, percebe-se que é praticamente inimaginável um mundo no qual se possa abrir mão de todos os benefícios proporcionados pela energia, que está presente em grande parte dos momentos da vida das novas gerações. Contudo, isso não anula o impacto que a geração de energia exerce sobre o aquecimento global do planeta Terra.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a maior parte da energia gerada ocorre por meio da queima de combustíveis fósseis. No cenário global, o carvão mineral destaca-se como a principal fonte de geração de energia, contribuindo significativamente para o aumento da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera.

As atividades do setor energético, em suas etapas de exploração, transformação, distribuição e uso, incorrem em significativos impactos sobre o meio ambiente. Os danos mais expressivos, originários do funcionamento do mercado de energia, estão relacionados com as emissões de poluentes atmosféricos, contaminação dos meios aquáticos e terrestres e a geração de resíduos. Acrescenta-se também o esgotamento dos recursos naturais, produção de ruídos, impactos visuais e efeitos negativos à biodiversidade (OLIVEIRA, 2009, p.127).

Assim, percebe-se que as implicações ambientais da produção de energia se tornam um desafio cada vez mais urgente. A intensa emissão de poluentes atmosféricos acarreta uma série de danos ambientais, como a intensificação do efeito estufa, a extinção de espécies, a ocorrência de chuvas ácidas e a diminuição da camada de ozônio.

Ainda segundo o site Codex Utilities (2024), os impactos das mudanças climáticas sobre a geração de energia afetam também a distribuição de eletricidade, além de reduzir a capacidade de geração. A maior parte do mundo utiliza como principais meios de geração de energia as usinas termelétricas, hidrelétricas, eólicas e solares. No entanto, com os efeitos das mudanças climáticas alterando os padrões meteorológicos e tornando os eventos climáticos mais extremos, “esses eventos podem interromper a produção, a transmissão e a distribuição de energia elétrica de várias maneiras” (CODEX UTILITIES, 2024).

Por exemplo, secas prolongadas diminuem o fluxo de água nos rios, reduzindo a capacidade de geração das usinas hidrelétricas. Da mesma forma, ondas de calor intensas podem afetar negativamente a eficiência das usinas termelétricas. Ainda que fontes renováveis, como a energia eólica e solar, sejam menos poluentes, sua produção também pode ser comprometida por condições meteorológicas extremas.

Tempestades intensas, inundações e furacões podem danificar linhas de transmissão, postes, subestações e outras infraestruturas elétricas, resultando em interrupções no fornecimento de energia. A infraestrutura elétrica existente em muitos pontos ainda não está projetada para lidar com as condições climáticas extremas esperadas no futuro, tornando-a vulnerável a danos e interrupções. [...] De acordo com artigo do Grupo de Estudos do Setor Elétrico da Universidade Federal do Rio de Janeiro (GESEL/UFRJ), no Brasil, a ocorrência de eventos como estiagens prolongadas, ondas de calor e tempestades são as principais ameaças ao setor elétrico. Além dos impactos na capacidade de geração hidrelétrica (que representa 65% da energia produzida no Brasil) também são sentidos danos nas redes de transmissão (CODEX UTILITIES, 2024, edição nossa).

Percebe-se, portanto, que não somente a geração de energia contribui expressivamente para as mudanças climáticas, mas também que as alterações climáticas podem afetar a produção dessas energias.

1.1.3 Desmatamento e Aquecimento Global: Uma Relação Causal

Inicialmente, é necessário compreender que o desmatamento florestal é um processo que se iniciou há várias décadas, sendo sua propagação decorrente, principalmente, de ações antrópicas. Segundo Hannah Ritchie (2021), em artigo publicado no site *Our World in Data*, o mundo já perdeu um terço de suas florestas desde a última era glacial, ocorrida há cerca de 10.000 anos, período em que áreas florestais foram desmatadas para a criação de lavouras, criação de gado e para uso de lenha, por exemplo.

Contudo, ainda que o desmatamento aconteça há muito tempo, desde gerações passadas, seu ritmo aumentou significativamente nos últimos séculos. Os motivos para o aumento do desmatamento florestal acompanharam a evolução da humanidade e da tecnologia. O que antes era motivado por questões de sobrevivência e pela necessidade de obtenção de matéria-prima hoje se perpetua para a produção de materiais de construção, papel, uso da madeira como combustível, desmatamento para abertura de estradas e expansão urbana, além das queimadas.

O desmatamento desempenha um papel significativo no aceleração das mudanças climáticas. Segundo Yeb Saño, em seu artigo no site *If Not Us, Then Who?*, ele afirma:

O declínio das florestas e as mudanças no uso da terra são responsáveis por até 20% das emissões globais de gases de efeito estufa. E esse declínio está ocorrendo a um ritmo alarmante, com a pressão crescente sobre os ecossistemas florestais e agravada por mudanças em larga escala no sistema climático que comprometerão a viabilidade das florestas e levarão a um ciclo vicioso de retroalimentação (YEB SAÑO, 2014).

O ciclo de retroalimentação, também conhecido como *feedback loop*, ao qual Yeb Saño se refere, representa “a dança interconectada dentro da natureza, onde ações em um ecossistema desencadeiam reações que posteriormente influenciam a ação original, criando um ciclo” (POLLUTION, 2025). Isso significa que, ao ocorrer mudanças em uma floresta, essas alterações desencadeiam outras modificações, ampliando e criando novos impactos no sistema. Esse fenômeno pode ser observado especialmente no caso das queimadas, como ilustra a imagem a seguir.

Figura 1 - Representação do ciclo climático dos incêndios e o agravamento do efeito estufa

Ciclo climático dos incêndios



Fonte: Global Forest Watch, 22.08.02. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticia>

É importante ressaltar, também, como o desmatamento alimenta as crises climáticas. Segundo a UNEP (2024), as árvores são alguns dos principais reservatórios de carbono no planeta, pois absorvem substâncias presentes no ar por meio da fotossíntese e armazenam carbono em suas folhas, raízes e troncos. Contudo, ao serem queimadas ou quando se decompõem, o carbono armazenado é liberado na atmosfera na forma de dióxido de carbono, um gás de efeito estufa que retém o calor próximo à superfície da Terra, elevando, assim, a temperatura.

Isso significa que, dessa forma, as florestas perdem sua capacidade de absorver tanto carbono do ar quanto anteriormente, o que potencializa os danos ao clima, agravando o efeito estufa.

A proteção e a restauração de florestas é uma das muitas soluções baseadas na natureza que os países podem usar para limitar as emissões de gases de efeito estufa. Um relatório do PNUMA constatou que essas estratégias poderiam ajudar a reduzir as emissões de 10 a 18 gigatoneladas por ano até 2050 (UNEP,2024).

Diante do exposto, torna-se evidente que o desmatamento desempenha um papel central no agravamento das crises climáticas ao comprometer a capacidade das florestas de atuar como sumidouros de carbono. A liberação de dióxido de carbono proveniente da queima e decomposição das árvores intensifica o efeito estufa e contribui significativamente para o aumento da temperatura global. Nesse contexto, a proteção e a restauração das florestas emergem como estratégias essenciais e eficazes para a mitigação das mudanças climáticas, capazes de reduzir de forma expressiva as emissões de gases de efeito estufa. Assim, ações voltadas para a conservação ambiental não apenas preservam a biodiversidade, mas também representam soluções concretas para limitar o impacto das atividades humanas sobre o clima do planeta.

1.1.4 A ação das indústrias no clima global

A Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, marcou uma transformação significativa na humanidade, especialmente na forma como o ser humano se relaciona com a natureza. Segundo Goias (2025), em artigo publicado no Trend Clima, o avanço tecnológico e a produção em massa fizeram com que as indústrias passassem a desempenhar um papel crucial na economia global. Contudo, tais fatos acarretam efeitos colaterais significativos, como a emissão de gases de efeito estufa, a poluição atmosférica e a degradação ambiental.

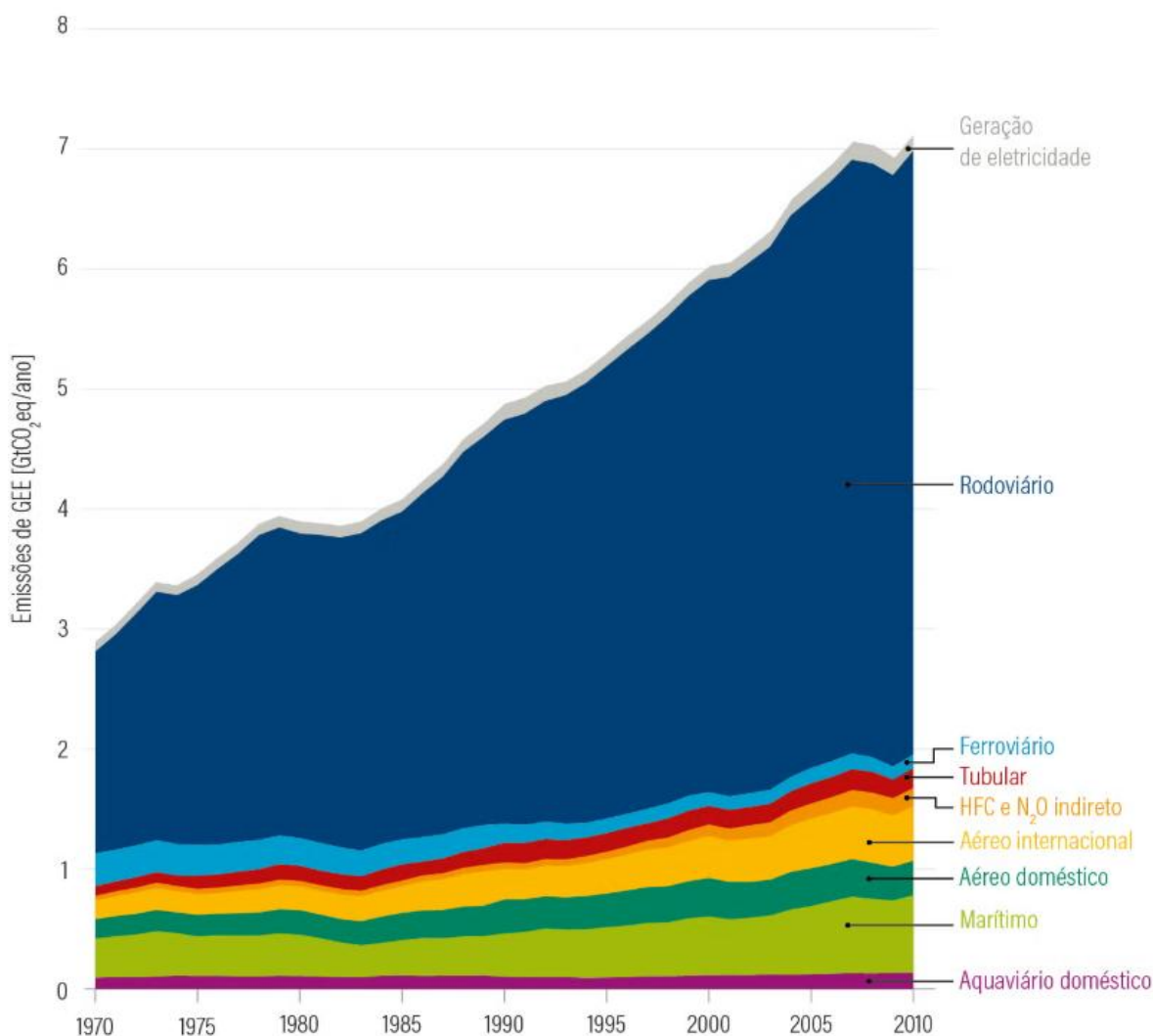
A expansão da produção industrial, a partir do final do século 19, levou ao aumento da concentração de poluentes na atmosfera, que, por sua vez, intensificaram o efeito estufa. Com isso, verificou-se um crescente aumento da temperatura média da Terra, também chamado de aquecimento global. O principal agente desse processo é o gás carbônico, também conhecido como dióxido de carbono ou CO₂ (OLIVEIRA,2009,p.116).

Em setores como siderurgia e metalurgia, contribui-se com o uso intensivo de carvão e altos-fornos; na construção civil e na produção de cimento, por exemplo, ocorrem reações químicas que liberam CO₂; nos setores químico e petroquímico, destaca-se o elevado consumo energético e a liberação de compostos tóxicos; e, nos setores de alimentos e bebidas, pelo uso intensivo de energia, embalagens e refrigeração. Dessa forma, as indústrias são responsáveis por um quarto das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (GOIAS, 2025). Ainda segundo o IPCC, as indústrias respondem por 24% das emissões totais mundiais.

1.1.5 Uso dos transportes e o impacto das emissões de GEE

Com a crescente melhoria na eficiência dos veículos, as emissões do setor de transportes aumentam cada vez mais. Segundo Wang e Ge (2019), em artigo publicado no site WRI, cerca de 14% das emissões anuais — incluindo gases não-CO₂ — e aproximadamente um quarto das emissões de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis são atribuídas ao setor de transportes. É importante ressaltar que os transportes rodoviários são os maiores responsáveis por essas emissões, representando 80% do aumento das emissões entre 1970 e 2010 (WANG; GE, 2019).

Gráfico 2 - A participação das distintas modalidades de transporte na emissão de GEE - 1970 a 2010.



Fonte: IPCC Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/>

Segundo o WRI, nos primeiros 15 anos do século XXI, o consumo total de energia para o transporte aumentou cerca de 44%, enquanto as emissões totais aumentaram apenas 31%. Com o aumento da demanda por energia, principalmente oriunda do petróleo, cresce também a influência negativa desse setor sobre as mudanças climáticas.

Essas são algumas das causas antropogênicas que influenciam diretamente as mudanças climáticas. Assim, torna-se perceptível que, especialmente após a Revolução Industrial e com o avanço crescente da tecnologia, as influências naturais sobre as mudanças climáticas são menos significativas quando comparadas à intensa influência que o ser humano exerce sobre a natureza e o meio ambiente.

1.2 Quais os principais riscos associados ao aumento da temperatura global?

Em 2015, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas em Paris, 195 Partes adotaram o Acordo de Paris — tratado internacional juridicamente vinculativo sobre mudanças climáticas — que visa manter, segundo a UNFCCC, “o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2 °C acima dos níveis pré-industriais” e prosseguir os esforços “para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais”. Contudo, os líderes mundiais ressaltaram a necessidade de limitar o aquecimento global a 1,5 °C, pois, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da ONU, “cruzar o limite de 1,5 °C pode desencadear impactos muito mais severos nas mudanças climáticas, incluindo secas, ondas de calor e chuvas mais frequentes e intensas” (UNFCCC).

No entanto, a Terra já tem ultrapassado esse limite, segundo informações divulgadas pelo The Conversation.

As organizações climáticas de todo o mundo concordam que o ano passado foi o mais quente já registrado. A temperatura média global em 2024 foi cerca de 1,6°C acima das temperaturas médias no final do século XIX, antes de os seres humanos começarem a queimar combustíveis fósseis em grande escala (PERTHUIS, 2024).

Com o aumento da temperatura, eventos como secas, chuvas intensas, elevação do nível do mar e derretimento de geleiras tornar-se-ão cada vez mais recorrentes. A seguir, apresentam-se alguns dos principais fatores pelos quais as mudanças climáticas afetam e colocam em risco o meio ambiente e a sociedade.

A elevação do nível do mar

Uma das consequências que mais preocupa cientistas e pesquisadores, decorrente das mudanças climáticas, é a elevação do nível do mar. De acordo com Lindsey (2023), essa elevação ocorre de duas maneiras principais. A primeira delas é que, com o aumento da temperatura, as geleiras e as camadas de gelo do mundo inteiro estão derretendo, adicionando água aos oceanos. A segunda é que as águas dos oceanos se expandem à medida que a temperatura da água aumenta. Além disso, há

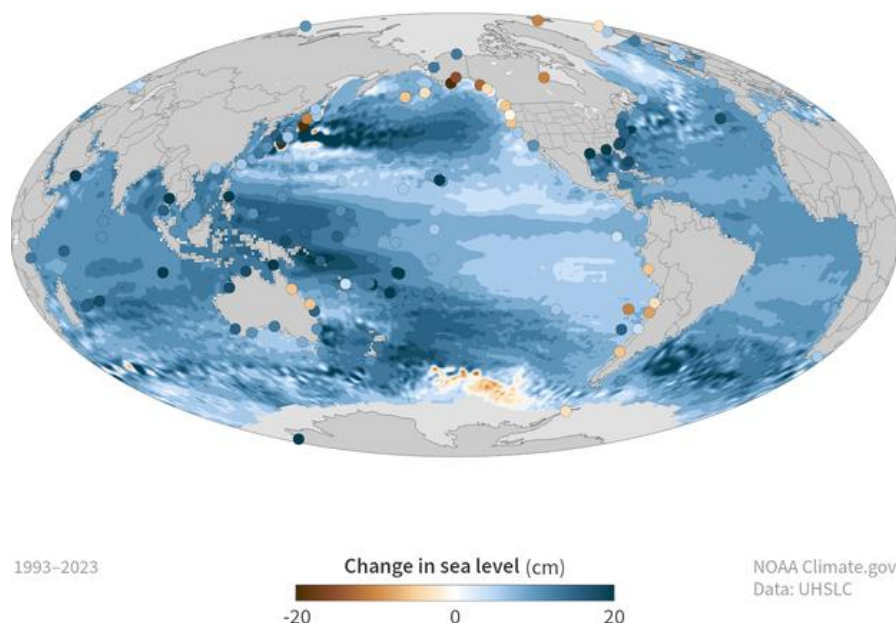
um terceiro fator, que, embora considerado pequeno, também contribui para a elevação do nível do mar: o declínio da quantidade de água líquida em terra, resultado, em boa parte, do esgotamento das águas subterrâneas devido às ações humanas.

Da década de 1970 até a última década, aproximadamente, o derretimento e a expansão do calor contribuíram de forma praticamente igual para a elevação observada do nível do mar. Mas o derretimento de geleiras de montanha e camadas de gelo se acelerou (LINDSEY, 2023).

Na imagem abaixo, é possível comparar dados referentes ao período entre 1993 e 2023, que mostram a elevação do nível das águas dos oceanos em grande parte do globo terrestre.

Figura 2 - Alterações no nível do mar entre 1993-2023

SEA LEVEL CHANGE (1993-2023)



Fonte: NOAA com base em dados fornecidos por Philip Thompson Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features>

Entre 1993 e 2023, o nível médio do mar aumentou na maior parte dos oceanos do mundo (cores azuis). Em algumas bacias oceânicas, o nível do mar subiu de 15 a 20 centímetros. As taxas de elevação do nível do mar local (pontos) na costa podem ser maiores do que a média global devido a processos geológicos como o assentamento do solo ou menores do que a média global devido processos como a recuperação secular de massas de terra devido à perda de geleiras da era glacial (LINDSEY, 2023).

Com o aumento da temperatura, torna-se perceptível que o crescimento do nível do mar será inevitável. Segundo Lindsey (2023), a taxa futura de emissões de gases de efeito estufa é fator determinante para definir quando e em que magnitude essa elevação ocorrerá. Outra fonte de incerteza refere-se ao comportamento das grandes camadas de gelo na Antártida e na Groenlândia, pois ainda não está claro se elas irão derreter de forma constante e previsível à medida que o planeta aquece, ou se entrarão em colapso rápido, atingindo um ponto crítico.

Ecossistemas e biodiversidade

Os ecossistemas e a biodiversidade são de extrema importância para o bem-estar dos seres humanos, pois fornecem alimentos, água, regulação climática, entre muitos outros serviços essenciais. Contudo, com o avanço das mudanças climáticas, a natureza tem sido cada vez mais prejudicada, impactando-se de forma drástica. De acordo com Oliveira (2009), o aquecimento global poderá provocar mudanças nos ecossistemas terrestres, iniciando-se pela alteração nos padrões globais da vegetação, destacando-se que “os ecossistemas só têm capacidade de adaptar-se às mudanças climáticas que ocorrem na escala de muitos séculos a milênios” (OLIVEIRA, 2009, p. 209).

Eventos extremos, como secas, inundações, tempestades severas e ondas de calor, estão impondo às plantas e aos animais condições às quais não haviam sido expostos anteriormente. Segundo a UDOP (2022), tanto o aumento da temperatura quanto esses eventos extremos estão alterando o tempo sazonal dos principais eventos biológicos, como a floração, causando ainda incompatibilidade com as fontes sazonais de alimentos, quando os animais emergem da hibernação ou durante as migrações. As mudanças nas condições climáticas estão deslocando plantas e animais para latitudes mais altas ou águas oceânicas mais profundas. “Metade dos muitos milhares de espécies estudadas em terra e no oceano já mostra respostas correspondentes, levando a extinções de populações locais causadas pelo clima e mudanças nas zonas de vegetação” (UDOP, 2022). No ambiente marinho, plantas e animais estão alterando rapidamente suas distribuições em direção aos polos, em resposta ao aumento da temperatura da água.

Quanto mais frequentemente os ecossistemas são impactados por eventos extremos e quanto mais intenso o evento, mais eles são empurrados para os chamados pontos de inflexão. Além desses pontos, podem ocorrer mudanças abruptas e, em alguns casos, irreversíveis -- como a extinção de espécies. Esse risco aumenta acentuadamente com o aumento da temperatura global. As projeções atuais indicam que, com um nível de aquecimento global de 2°C até 2100, até 18% de todas as espécies terrestres estarão em alto risco de extinção. Se o mundo aquecer até 4°C, cada segunda espécie de planta ou animal que conhecemos estará ameaçada (UDOP,2022).

É perceptível que espécies de todas as partes do planeta sofrem ameaças e consequências decorrentes das mudanças climáticas. Ainda de acordo com Oliveira (2009), a resiliência de muitos ecossistemas provavelmente será muito mais pressionada neste século, devido às “mudanças do clima, perturbações associadas a inundações, secas, incêndios florestais, proliferação de insetos, acidificação dos oceanos ou ainda outros fatores” (OLIVEIRA, 2009, p. 209), além de mudanças no uso da terra, poluição e exploração excessiva dos recursos naturais.

Produção agrícola e pesca

Considerando que a atividade agrícola movimenta grande parte da economia mundial, essa vem enfrentando desafios com o aumento da temperatura, o que pode reduzir a produtividade em algumas regiões. Segundo o Jornal da USP (2024), os impactos na produção de alimentos já são evidentes desde o plantio das sementes, pois, enquanto os agricultores antes confiavam em técnicas consolidadas e ajustadas aos padrões climáticos históricos, atualmente enfrentam a imprevisibilidade do clima, o que prejudica o processo de plantio.

Nos últimos anos, com esse cenário marcado por eventos climáticos extremos como geadas, períodos de seca e excesso de chuva, ocorrendo de forma desordenada e fora das safras habituais, vem se desencadeado uma preocupante degradação do solo, forçando os agricultores a redesenharem suas estratégias de plantio. Áreas que antes eram tradicionalmente dedicadas à agricultura estão sendo abandonadas, enquanto outras, previamente não tão propícias, demandam adaptações (JORNAL DA USP,2024).

Toda essa realocação no cultivo tem trazido problemas significativos para a produtividade, a qualidade das sementes e, conseqüentemente, para a safra de alimentos. De acordo com Oliveira (2009), em regiões que convivem sazonalmente com períodos de seca — especialmente aquelas localizadas em latitudes mais baixas

e em áreas tropicais —, é previsto que a produtividade agrícola diminua, mesmo diante de um aumento relativamente pequeno na temperatura, entre 1 °C e 2 °C, o que representa um risco considerável à segurança alimentar.

Para a pesca, os efeitos das alterações no clima estão relacionadas a mudanças na distribuição e na reprodução de determinadas espécies de peixes, com impacto no cultivo de diversos organismos aquáticos, tais como peixes, moluscos, crustáceos, entre outros (OLIVEIRA,2009,p.210).

Diante dos fatos apresentados, fica evidente que as mudanças climáticas representam um dos maiores desafios enfrentados pela humanidade na contemporaneidade. A ação antrópica, intensificada a partir da Revolução Industrial, tem gerado consequências alarmantes para os ecossistemas, para a biodiversidade e para a estabilidade climática global. Setores como a indústria, o transporte, a geração de energia e o desmatamento são apontados como grandes emissores de gases de efeito estufa, acelerando o aquecimento do planeta. Além disso, os impactos dessas mudanças já são observados na elevação do nível do mar, na alteração de ciclos naturais de espécies e na diminuição da produtividade agrícola e pesqueira, comprometendo a segurança alimentar e ecológica. Neste contexto, torna-se urgente a adoção de políticas públicas eficazes, a transição para uma economia de baixo carbono e o compromisso global com acordos ambientais, como o Acordo de Paris, para mitigar os danos e preservar as condições de vida no planeta para as futuras gerações.

Saúde

Muito se discute sobre como as mudanças climáticas afetam os ecossistemas, a biodiversidade e o meio ambiente em termos físicos, mas frequentemente se negligencia o impacto que tais mudanças podem ter sobre a saúde humana. De acordo com a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, 2023), as alterações climáticas podem contribuir para o surgimento de pandemias e doenças infecciosas. O aumento da temperatura está associado a casos de hipertermia — condição em que a temperatura corporal se eleva de forma anormal —, podendo, em casos extremos, levar à morte. Além disso, com o aumento da frequência e da intensidade de desastres naturais, como enchentes e chuvas intensas, cresce o risco de contaminações por doenças infectocontagiosas, como leptospirose, hepatite, dengue, entre outras.

As ondas de calor e de frio, cada vez mais extremas, afetam diretamente diversos sistemas do organismo humano, especialmente em populações mais vulneráveis, como idosos, crianças e pessoas com doenças crônicas. Outro risco preocupante é a crescente frequência de ondas de calor no planeta, o que leva o corpo humano a se habituar a temperaturas elevadas, como será discutido no parágrafo a seguir.

O professor do Departamento de Geografia Cássio Arthur Wollmann, responsável pelo Laboratório de Climatologia em Ambientes Subtropicais da UFSM, explica que, como o calor deve predominar nos próximos anos, as pessoas ficarão acostumadas a viver nesse ambiente. “Temos um clima global que tem se tornado cada vez existentes mais quente, mas isso não significa que nunca mais vai fazer frio. As ondas de frio vão continuar acontecendo e, no momento que atingirem esse corpo ambientado ao calor, a saúde das pessoas ficará extremamente comprometida e frágil”, elucida o professor (UFSM,2023).

Além de todos esses fatores, as mudanças climáticas apresentam forte potencial para contribuir com o surgimento de novas pandemias e doenças infecciosas. À medida que as condições ambientais naturais são alteradas, ocorre uma desregulação dos processos ecológicos já estabelecidos. Nesse sentido, a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, 2023) afirma: “No cenário de aumento da temperatura, ocorre não apenas a disseminação de novas doenças, mas também o ressurgimento de doenças adormecidas”. Diante disso, é possível prever que a ocorrência de doenças, epidemias e pandemias tende a se tornar cada vez mais frequente, agravando ainda mais os impactos das mudanças climáticas na saúde pública global.

Mudanças na temperatura

Segundo a NASA, o calor que vem aquecendo o planeta influencia diretamente o ciclo da água, altera padrões climáticos e provoca o derretimento das calotas de gelo terrestres. Todos esses fatores contribuem para o aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como ondas de calor, incêndios florestais, inundações, tempestades e longos períodos de seca — eventos que têm causado mortes e doenças em diversas regiões do mundo (WHO, 2024).

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), “a força de gases de efeito estufa induzida pelo homem é o principal impulsionador

das mudanças observadas em extremos quentes e frios na escala global” (IPCC, 2021). Ou seja, o aumento das emissões de gases de efeito estufa está diretamente relacionado às temperaturas extremas. No entanto, esses efeitos podem variar de região para região, pois dependem de fatores locais, como umidade do solo, presença de neve e gelo, níveis de poluição atmosférica e uso da terra. Por exemplo, em áreas agrícolas, a presença de vegetação e a prática da irrigação ajudam a atenuar os efeitos das ondas de calor, enquanto nas áreas urbanizadas a impermeabilização do solo e a ausência de cobertura vegetal intensificam o fenômeno.

Outro evento extremo intensificado pelas mudanças climáticas é a seca, geralmente definida como “uma deficiência de precipitação durante um longo período de tempo (geralmente uma estação ou mais), resultando em escassez de água” (NIDIS, 2023). Segundo o Center for Climate and Energy Solutions (C2ES, 2024), as mudanças climáticas contribuem para o agravamento das secas de diversas formas. O aumento das temperaturas intensifica a evaporação, reduzindo a disponibilidade de água na superfície e ressecando o solo e a vegetação. Além disso, a redução da cobertura de neve nas montanhas afeta a reposição de recursos hídricos, uma vez que muitos ecossistemas dependem do derretimento sazonal da neve. Como a neve atua também como superfície reflexiva (albedo), sua diminuição contribui para o aumento da temperatura da superfície, agravando ainda mais os efeitos das secas.

As secas também aumentam a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, inclusive diminuindo a produtividade da terra, o que reduz a quantidade de vegetação que armazena dióxido de carbono. Além disso, o aumento de incêndios florestais e erosão do solo relacionados à seca pode liberar dióxido de carbono sequestrado em árvores e plantas de volta à atmosfera (CENTER FOR CLIMATE AND ENERGY SOLUTION, 2025).

É perceptível que as mudanças climáticas intensificam muitos fenômenos extremos, criando um ciclo preocupante no qual o aquecimento global e seus efeitos se retroalimentam. À medida que esses eventos se tornam mais frequentes e severos, como secas prolongadas, inundações, ondas de calor e tempestades intensas, aumentam os prejuízos à saúde humana, à segurança alimentar, à disponibilidade de água e à estabilidade dos ecossistemas. Esse ciclo de retroalimentação agrava a vulnerabilidade das populações, especialmente as mais pobres e marginalizadas, que

possuem menor capacidade de adaptação e enfrentam maiores dificuldades para lidar com os impactos diretos e indiretos dessas mudanças.

Assim, torna-se cada vez mais evidente a urgência de implementar políticas públicas eficazes, baseadas em ciência e justiça climática, que visem tanto a mitigação das emissões de gases de efeito estufa quanto a adaptação às novas condições impostas pelo clima. Medidas como a transição para energias renováveis, a proteção de ecossistemas naturais, a agricultura sustentável e o planejamento urbano inteligente são fundamentais para quebrar esse ciclo e construir um futuro mais resiliente e sustentável.

1.3 Como as mudanças climáticas afetam diferentes regiões do planeta?

Apesar de as mudanças climáticas afetarem o globo terrestre por inteiro, elas se manifestam de formas distintas em cada continente ou região, em função da localização geográfica, clima, latitude, altitude, maritimidade e continentalidade.

A África, por exemplo, “é um dos continentes mais vulneráveis à variabilidade e às mudanças do clima por sua baixa capacidade de adaptação” (OLIVEIRA, 2009, p. 214). Segundo o autor, isso pode levar a uma escassez hídrica cada vez mais acentuada. Além disso, a produção agrícola e o acesso a alimentos em diversos países desse continente poderão ficar comprometidos. Também se prevê redução da área adequável à agricultura, efeitos negativos sobre a segurança alimentar, diminuição dos recursos pesqueiros e queda da oferta local de alimentos devido ao aumento da temperatura da água em grandes lagos. A elevação do nível do mar pode afetar áreas costeiras de baixa altitude, degradar recifes de corais e manguezais.

Na Ásia, as mudanças climáticas provavelmente afetarão a implementação de políticas de desenvolvimento sustentável em muitos países em desenvolvimento. Oliveira (2009) afirma que, “se somariam às pressões sobre os recursos naturais e o meio ambiente a rápida urbanização, a industrialização e outras ações relacionadas ao desenvolvimento econômico” (OLIVEIRA, 2009). O autor destaca que haverá

redução de água nas regiões centro-sul, leste e sudeste, especialmente nas grandes bacias fluviais, juntamente com o aumento populacional e demanda crescente proveniente de padrões de consumo mais elevados. O derretimento das geleiras do Himalaia poderá provocar, nas próximas décadas, mais inundações e deslizamentos de terra, além de reduzir o fluxo dos rios com o tempo. As regiões costeiras mais povoadas do sul, leste e sudeste da Ásia enfrentam risco elevado de enchentes tanto por rios quanto por elevação do nível do mar. Inundações e secas podem intensificar doenças como diarreia e cólera, agravadas pelo aquecimento das águas costeiras.

A Oceania, embora disponha de economias relativamente bem desenvolvidas e de bom nível de conhecimento técnico e científico, enfrenta desafios significativos. Oliveira (2009) projeta problemas na disponibilidade de água, que devem se intensificar até 2030, como consequência da redução nas chuvas e do aumento da evaporação. Estima-se que até 2030 o aumento das secas e dos incêndios florestais possa provocar queda na produção agrícola e silvicultural, especialmente nas regiões sul e leste da Austrália e em partes da Nova Zelândia. Além disso, até 2050 está previsto um agravamento de eventos extremos, como elevação do nível do mar, tempestades mais severas e inundações costeiras. Em contrapartida, áreas mais frias ou próximas a rios podem se beneficiar de maior pluviosidade, menos geadas e de um período de cultivo mais prolongado.

Na Europa, quase todas as regiões devem ser afetadas negativamente. Oliveira (2009) chama atenção para que “as diferenças regionais nos recursos e ativos naturais desse continente podem aumentar” (OLIVEIRA, 2009). O autor identifica impactos como inundações repentinas no interior, inundações mais frequentes no litoral e aumento da erosão, relacionados a tempestades e ao aumento do nível do mar. Registros do IPCC documentam retração de geleiras e mudanças na distribuição de espécies. O sul da Europa enfrenta secas e riscos à saúde, o centro e o leste sofrem escassez de água, enquanto o norte pode experimentar benefícios iniciais que serão superados por impactos negativos a longo prazo.

Na América Latina, segundo Oliveira (2009), as mudanças climáticas afetam especialmente pela dependência do continente em relação à agricultura. O aumento das temperaturas e a redução das chuvas podem causar desertificação e queda na produtividade agrícola. Há risco de que a floresta amazônica se transforme

gradualmente em savana, o que acarretará perda de biodiversidade. Ademais, com o aumento do nível do mar, as inundações tornar-se-ão mais frequentes, prejudicando recifes coralinos e recursos pesqueiros. Alterações no regime de chuvas e o derretimento de geleiras também devem reduzir a disponibilidade de água para consumo, agricultura e geração de energia.

Na América do Norte, as mudanças climáticas, de acordo com Oliveira (2009) e com o IPCC, poderão provocar redução da produção agrícola, aumento de incêndios, elevação da frequência e intensidade de inundações e ondas de calor. O derretimento da neve e a escassez de água poderão intensificar a competição por recursos hídricos e gerar impactos negativos à saúde humana.

Nas regiões polares, os principais efeitos são a diminuição da espessura e da extensão de geleiras e mantos de gelo. Oliveira (2009) afirma que ecossistemas naturais dessas regiões poderão sofrer danos severos em organismos como pássaros migratórios, mamíferos e predadores de topo, tendo sido projetado que “ambas as regiões polares projeta-se que os ecossistemas e os habitats específicos fiquem mais vulneráveis à medida que diminuam as barreiras climáticas e às invasões de espécies” (OLIVEIRA, 2009, p. 220). No Ártico, mudanças nas condições de neve e gelo devem causar efeitos mistos para comunidades humanas, como danos à infraestrutura e às formas de vida tradicionais indígenas, embora haja também benefícios potenciais, como redução de custos com aquecimento e abertura de novas rotas de navegação. Essas comunidades têm buscado adaptação, mas enfrentam desafios que exigem investimentos para proteger e, em alguns casos, realocar infraestruturas.

Pequenas ilhas, localizadas em trópicos ou em latitudes mais altas, possuem características que as tornam especialmente vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas, como elevação do nível do mar e eventos extremos. Oliveira (2009) prevê que a deterioração das condições costeiras — erosão de praias e branqueamento de corais — afetará recursos locais, como criatórios de peixes, reduzindo o valor dessas áreas para o turismo. Nas pequenas ilhas, o aumento do nível do mar e das temperaturas pode causar erosões, tempestades, escassez de água e o branqueamento dos corais, comprometendo ecossistemas, infraestrutura e comunidades locais.

1.3.1 As mudanças climáticas no contexto capixaba

É importante perceber os impactos que as mudanças climáticas já vêm provocando no estado do Espírito Santo, que tem elaborado e implementado algumas medidas para mitigar possíveis danos. De acordo com o Plano de Adaptação de Mudanças Climáticas do Espírito Santo, projeções indicam um aumento de temperatura de até 2,5 °C a 3,5 °C em cenários de emissões moderadas de gases de efeito estufa (RCP 4.5), podendo alcançar até 6 °C em cenários extremos de altas emissões (RCP 8.5) até a década de 2080. Esses impactos afetam fortemente a agricultura — setor no qual o agronegócio responde por mais de 30% do PIB estadual — com destaque para a produção de café conilon. Além disso, os desastres climáticos têm se intensificado nos últimos anos; segundo o Plano de Adaptação do Espírito Santo, desde os anos 2000 foram registradas 137 mortes atribuídas a desastres naturais, além de consideráveis prejuízos materiais (CEPDEC-ES). Esses problemas tendem a se agravar substancialmente, o que exigirá políticas e ações urgentes de adaptação à nova realidade climática estadual.

Sabendo que mudanças são necessárias, o estado do Espírito Santo já formulou e iniciou a implementação de planos para reduzir os impactos climáticos.

Em 2021, o Espírito Santo aderiu oficialmente às campanhas “Race to Zero” e “Race to Resilience” da ONU, comprometendo -se com a neutralização das emissões de GEE até 2050 e com o fortalecimento da resiliência climática. Em 2023, o Programa Capixaba de Mudanças Climáticas foi instituído pelo Decreto 5387/2023, com o objetivo de coordenar e integrar esforços, políticas públicas e ações para enfrentar o desafio global das mudanças climáticas. (ESPÍRITO SANTO, 2025, ,p.3).

Também em 2023, o governo do Estado apresentou, durante a COP 28, o **Plano de Neutralização de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)**. O plano foi desenvolvido de forma colaborativa, com a participação da academia, da sociedade civil, do setor produtivo e de órgãos governamentais, abordando temas como indústria, energia, florestas, agropecuária e resíduos. Adotando uma abordagem integrada e multissetorial, o documento definiu estratégias, metas e indicadores voltados à redução de emissões e à transição sustentável em setores-chave, como a

matriz energética e os transportes. As projeções estabelecem metas para os anos de 2030, 2040 e 2050.

Além disso, o **Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas**, atualmente em elaboração pelo governo estadual, tem como objetivo organizar e integrar as iniciativas de adaptação já existentes, identificando lacunas e fortalecendo a resiliência do Espírito Santo diante dos desafios climáticos.

Nesse contexto, é fundamental compreender a **capacidade adaptativa** de cada região do estado, conceito que se refere à habilidade de um território em se ajustar às mudanças climáticas ou de minimizar os possíveis danos causados por elas. Entre os critérios considerados para essa avaliação estão: a geração de emprego e renda; a oferta e qualidade dos serviços de saúde e educação; a existência de instituições de segurança, como a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros; além da implementação de planos de contingência e de sistemas de alerta de desastres. Também é avaliada a presença de comitês ou conselhos municipais voltados à adaptação climática.

Entre os 78 municípios do Espírito Santo, **Venda Nova do Imigrante** se destaca, posicionando-se entre os 8% com **capacidade adaptativa considerada muito boa**. Esse indicador evidencia que, com a implementação de novas ações e políticas públicas, o município tem grande potencial para mitigar ainda mais os impactos das mudanças climáticas e servir como referência para outras localidades do estado.

Diante do exposto, torna-se evidente que, embora as mudanças climáticas afetem o planeta como um todo, seus impactos não são homogêneos e variam significativamente conforme as características geográficas, climáticas, sociais e econômicas de cada região. Continentes como África, América Latina e Ásia, que enfrentam maiores vulnerabilidades sociais e menor capacidade de adaptação, tendem a sofrer de forma mais intensa os efeitos dessas alterações. Por outro lado, regiões com maior desenvolvimento técnico e econômico, como partes da Europa, América do Norte e Oceania, embora também afetadas, possuem melhores condições para implementar estratégias de mitigação e adaptação.

No Brasil, e mais especificamente no estado do Espírito Santo, os desafios já são perceptíveis, exigindo respostas rápidas, eficazes e integradas. A elaboração de planos como o de Neutralização de Emissões de GEE e o Plano de Adaptação às

Mudanças Climáticas são passos fundamentais na busca por resiliência e sustentabilidade, sobretudo diante de projeções preocupantes que apontam aumento de temperatura e intensificação de eventos extremos. A identificação da capacidade adaptativa dos municípios capixabas permite o direcionamento mais eficiente de políticas públicas, e exemplos como o de Venda Nova do Imigrante mostram que, com planejamento e ação coordenada, é possível mitigar impactos e proteger tanto o meio ambiente quanto a população.

Portanto, compreender os impactos regionais das mudanças climáticas não apenas reforça a urgência da ação climática global, como também destaca a importância de soluções locais adaptadas às realidades específicas de cada território.

2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL LOCAL: RELEVO, CLIMA E RECURSOS HÍDRICOS NA SERRA CAPIXABA

O presente **Diagnóstico Ambiental Local: Relevo, Clima e Recursos Hídricos na Serra Capixaba** tem como objetivo compreender as interações entre os elementos naturais e as dinâmicas socioeconômicas que moldam o espaço geográfico da **Região Serrana do Espírito Santo**, com foco no município de **Venda Nova do Imigrante (VNI)**. A área em estudo constitui um ambiente de elevada complexidade físico-natural, marcado pela conjugação entre **altas declividades, solos intemperizados, densas redes de drenagem e regime climático tropical de altitude**, fatores que conferem tanto potencial produtivo quanto fragilidade ecológica ao território.

A Serra Capixaba representa um dos mais expressivos compartimentos geomorfológicos do estado, configurando-se como divisor de águas entre as bacias hidrográficas do **Rio Itapemirim** e do **Rio Jucu**. Essa estrutura serrana, resultante de longos processos de **soerguimento tectônico e erosão diferencial**, originou um relevo dissecado e fortemente ondulado, onde predominam **mares de morros e vales encaixados**, características que condicionam a ocupação humana e o uso agrícola. Tais formas de relevo, associadas à ação climática intensa, tornaram-se

determinantes para a distribuição dos solos, a circulação hídrica e os processos geomorfológicos atuais, como a erosão, o assoreamento e os movimentos de massa.

Do ponto de vista climático, a região apresenta um **regime tropical de altitude**, com **temperaturas médias anuais variando entre 17 °C e 20 °C** e **precipitação média entre 1.200 e 1.700 mm**, distribuída de forma irregular ao longo do ano. Os verões são marcados por alta umidade e forte pluviosidade, enquanto os invernos registram estiagens prolongadas e amplitudes térmicas mais acentuadas. Essa sazonalidade influencia diretamente as atividades agrícolas — em especial a **cafeicultura de montanha e a horticultura familiar** — e a **disponibilidade hídrica** para abastecimento e irrigação.

Contudo, a intensificação das **mudanças climáticas globais** e o avanço das **pressões antrópicas sobre o meio físico** têm modificado de forma sensível o equilíbrio ambiental da Serra Capixaba. A recorrência de **secas severas**, como a de **2014–2015**, e de **eventos extremos de precipitação**, como o de **2018**, evidencia a crescente vulnerabilidade do território às variações do regime atmosférico e à degradação de encostas e mananciais. Nesse contexto, a análise integrada do relevo, do clima e dos recursos hídricos torna-se fundamental para o **planejamento ambiental e o ordenamento territorial sustentável**, orientando políticas públicas voltadas à **gestão de riscos naturais, conservação da Mata Atlântica remanescente e segurança hídrica regional**.

Assim, este diagnóstico propõe-se a **caracterizar e interpretar as dinâmicas ambientais da Serra Capixaba** por meio de uma abordagem geossistêmica, articulando dados climáticos, morfométricos e hidrológicos. O estudo busca não apenas descrever os elementos naturais, mas compreender as **relações de causalidade entre processos físicos e ações humanas**, com vistas à construção de uma base técnico-científica que subsidie práticas de **gestão ambiental participativa e planejamento territorial resiliente**, essenciais à manutenção da qualidade ambiental e à sustentabilidade socioeconômica de Venda Nova do Imigrante e municípios adjacentes.

2.1 Padrões de chuva, temperatura e relevo em Venda Nova do Imigrante e na Região Serrana do Espírito Santo

O clima de Venda Nova do Imigrante (VNI) pertence a duas zonas naturais onde 76,7% da área está caracterizada por terras frias, acidentadas e chuvosas, com a temperatura média das mínimas variando entre 7,3 e 9,4 °C e a máxima entre 25,3 e 27,8 °C. Na Zona 2, essa variação ocorre entre 9,4 e 11,8 °C (média das mínimas) e 27,8 e 30,7 °C (máximas), com precipitação média anual de 1.476 mm, segundo o Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA (2010), que analisou o período de 1980 a 2009.

A variabilidade da precipitação é mais acentuada nas regiões secas e subúmidas e menor nas regiões úmidas dos trópicos e das latitudes médias; contudo, as consequências econômicas tendem a ser mais severas nas áreas agrícolas mais densamente povoadas, como é o caso da Região Serrana do Espírito Santo, onde predominam pequenas propriedades rurais e agricultura familiar (MACHADO DA SILVA; SOARES FIALHO, 2018).

A caracterização agroclimática de Venda Nova do Imigrante evidencia um regime climático fortemente marcado pela sazonalidade das chuvas e pelas amplitudes térmicas moduladas pelo relevo montanhoso, o qual exerce papel central na distribuição espacial da precipitação e na variação das temperaturas. Entre 2020 e 2024, os boletins do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) registraram verões e primaveras chuvosos, com acumulados superiores a 500 mm, contrastando com outonos e invernos secos — frequentemente com totais pluviométricos abaixo de 100 mm e temperaturas mínimas negativas em julho (INCAPER, 2020a; INCAPER, 2020b; INCAPER, 2021; INCAPER, 2022; INCAPER, 2023; INCAPER, 2024).

Em comparação, os demais municípios da Região Serrana do Espírito Santo — como Domingos Martins, Castelo, Brejetuba e Afonso Cláudio — apresentam comportamento climático análogo, embora com diferenças marcantes relacionadas à altitude, à orientação das vertentes e à exposição orográfica.

Em Domingos Martins, a média anual de chuvas varia entre 1.400 e 1.800 mm, com picos pluviométricos concentrados no verão e outonos mais secos, resultado da barreira física imposta pela Serra do Castelo e pelos vales encaixados que canalizam a umidade vinda do litoral (INCAPER, 2021; INCAPER, 2023). Já Brejetuba, situada em cotas superiores a 1.100 m, apresenta temperaturas médias anuais inferiores a 18 °C e maior ocorrência de nevoeiros e geadas, o que favorece a cafeicultura de montanha, mas impõe restrições a culturas mais sensíveis (INCAPER, 2022c; INCAPER, 2023b).

No município de Castelo, a variação altimétrica entre as planícies fluviais (100 m) e os topos de morros (acima de 1.500 m) cria microclimas contrastantes, com verões quentes e úmidos nas baixadas e invernos frios nas encostas, totalizando médias anuais próximas de 1.500 mm de chuva (INCAPER, 2020c; INCAPER, 2021). Por sua vez, Afonso Cláudio apresenta pluviosidade ligeiramente menor, entre 1.200 e 1.400 mm anuais, devido à sombra orográfica causada pela Serra do Caparaó, que reduz a entrada de massas úmidas vindas do Atlântico (INCAPER, 2022b; SILVA; PANTOJA; COSTA, 2024).

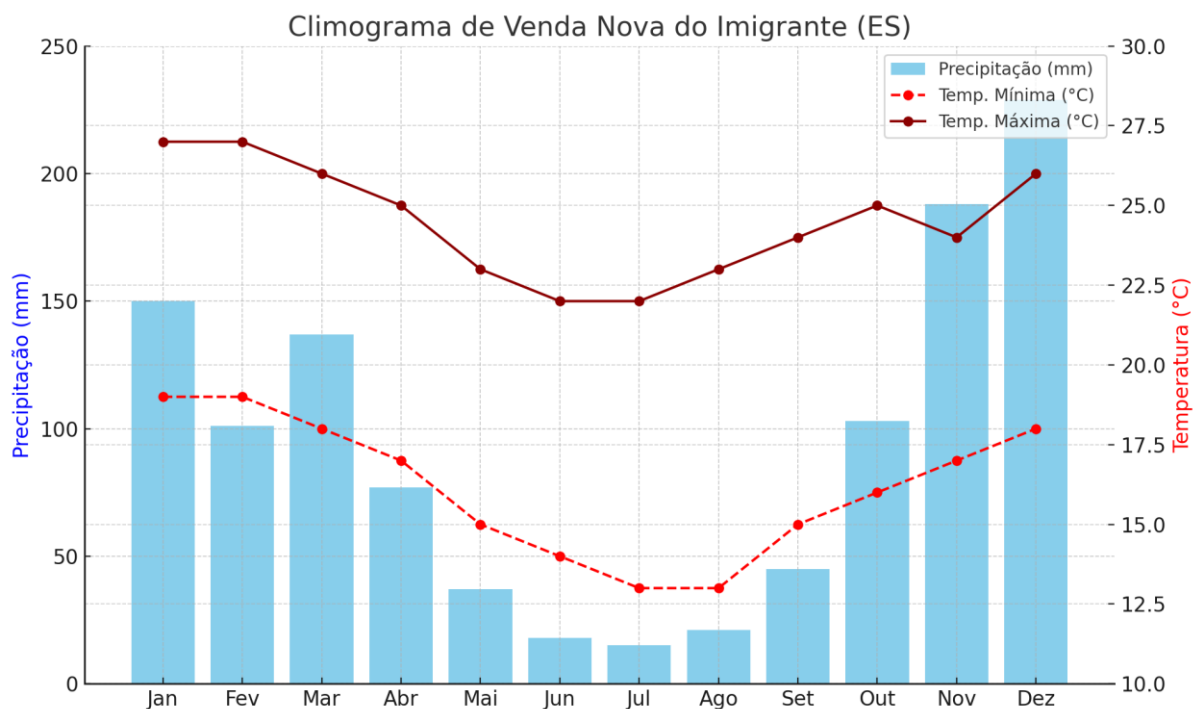
Assim, ao comparar os municípios serranos, observa-se que todos compartilham um regime climático de forte sazonalidade, com verões chuvosos e invernos frios e secos, mas com diferenciações locais geradas pela altitude e pela estrutura do relevo. Enquanto Venda Nova do Imigrante se destaca por uma amplitude térmica moderada e precipitação relativamente bem distribuída, Brejetuba e Conceição do Castelo configuram zonas mais frias e úmidas, e Castelo e Afonso Cláudio representam áreas de transição climática, mais suscetíveis a déficits hídricos e amplitudes térmicas maiores.

Em síntese, o relevo serrano funciona como um modulador climático regional, condicionando tanto a distribuição das chuvas e das temperaturas quanto a ocorrência de microclimas locais. Essa configuração explica a diversificação agrícola da região, combinando cafeicultura de altitude, fruticultura e horticultura, mas também acentua a vulnerabilidade aos extremos climáticos, como estiagens e chuvas torrenciais, que exigem políticas públicas integradas de planejamento hídrico e manejo conservacionista do solo e da vegetação (INCAPER, 2023d; MÉNDEZ-QUINTERO et al., 2023).

Condição hídrica: rios importantes, qualidade da água, conservação dos mananciais.

Venda Nova do Imigrante está inserida na sub-bacia hidrográfica do Rio Castelo, bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, cuja área total de drenagem é de aproximadamente 6.014 km². Dois afluentes do Rio Castelo dividem o escoamento da área municipal: o Rio São João de Viçosa, seu principal curso d'água e o Rio Caxixe, que drena, através de seu afluente córrego Caxixe Frio, a região do distrito de Alto Caxixe. O Rio São João de Viçosa atravessa a área urbana da Sede, recebendo em seu caminamento os córregos Santo Antônio, Lavrinhas e Bananeiras. A jusante da Sede atravessa também a área urbana do distrito de São João de Viçosa (. A conservação dos mananciais é feita com o cultivo de Mata Atlântica nativa, podendo também acontecer por plantações de rápida rotação como (milho, café, feijão, etc.) .

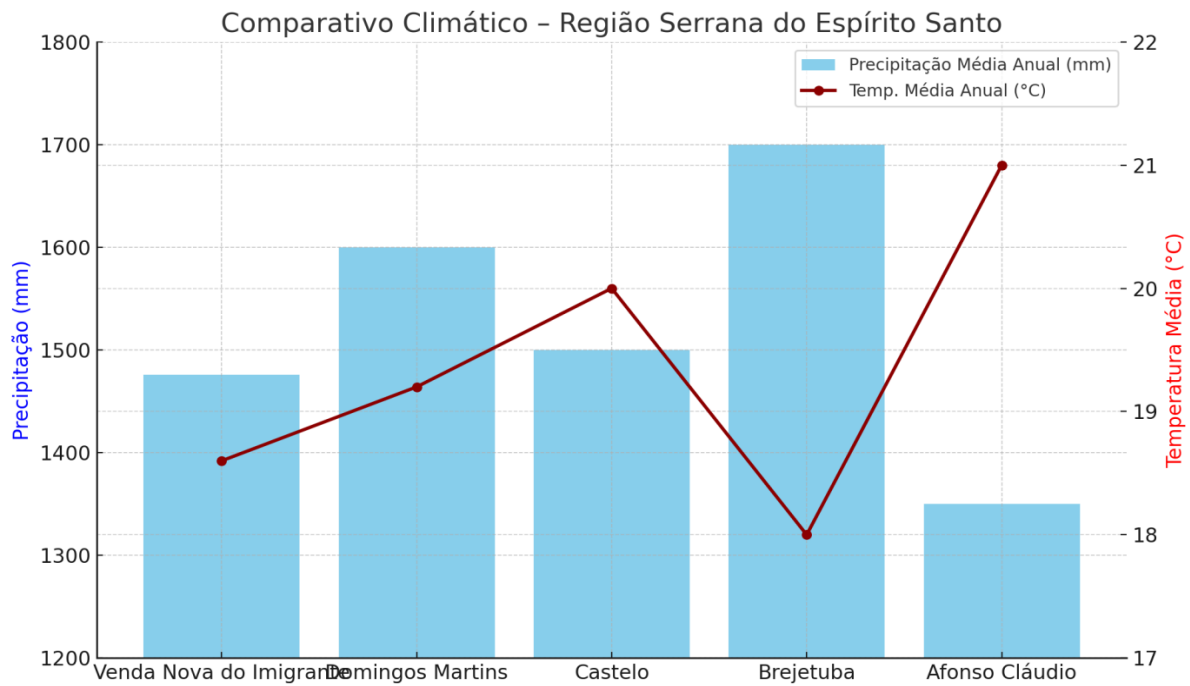
O climograma de Venda Nova do Imigrante (ES) sintetiza o comportamento climático médio do município, revelando a forte sazonalidade pluviométrica e amplitude térmica moderada que caracterizam a Região Serrana capixaba. Observa-se que os meses de verão (dezembro a março) concentram os maiores volumes de chuva, superiores a 150 mm, em consonância com as elevadas temperaturas médias máximas, que variam entre 26 °C e 27 °C. Esse padrão está associado à atuação conjunta das massas de ar tropicais atlânticas e continentais, responsáveis pela intensificação das precipitações convectivas e pela elevação da umidade relativa do ar. Em contrapartida, os meses de inverno (junho a agosto) registram redução significativa das chuvas, com totais inferiores a 25 mm, e temperaturas mínimas médias próximas de 13 °C, configurando um período seco e ameno, típico das áreas serranas de altitude intermediária.



A leitura integrada do climograma evidencia que Venda Nova do Imigrante apresenta um regime climático tropical de altitude, fortemente condicionado pelo relevo montanhoso e pela posição orográfica da Serra do Castelo. A alternância entre verões úmidos e invernos secos influencia diretamente o calendário agrícola, a disponibilidade hídrica e os processos geomorfológicos locais, como erosão e escorregamentos em vertentes íngremes. Tal comportamento confirma as análises agrometeorológicas do INCAPER (2020–2024), que apontam o papel determinante do relevo na modulação térmica e na distribuição das chuvas na região serrana. Dessa forma, o climograma constitui um instrumento essencial para o planejamento ambiental e agrícola local, permitindo compreender as condições climáticas predominantes e antecipar os impactos decorrentes das variações sazonais e dos eventos extremos de precipitação.

climograma comparativo da Região Serrana do Espírito Santo evidencia as diferenças térmicas e pluviométricas entre os municípios que compartilham características geomorfológicas semelhantes, mas apresentam nuances locais associadas à altitude, à orientação das vertentes e à dinâmica orográfica. Venda Nova do Imigrante destaca-se por um regime climático de equilíbrio relativo, com pluviosidade média anual de

aproximadamente 1.476 mm e temperatura média de 18,6 °C, situando-se entre os padrões mais amenos da região. Domingos Martins e Brejetuba, localizados em cotas mais elevadas, registram volumes de chuva superiores a 1.600 mm anuais e médias térmicas ligeiramente inferiores, reflexo da maior altitude e da interceptação de umidade pelas serras que compõem o divisor de drenagem do Rio Jucu. Por outro lado, Castelo e Afonso Cláudio apresentam médias térmicas mais elevadas e totais pluviométricos menores, características que refletem a influência de relevos menos acidentados e de menor altitude média.



A análise comparativa demonstra que o relevo atua como elemento estruturante do regime climático regional, condicionando tanto a distribuição espacial das chuvas quanto a variação térmica entre os municípios serranos. Essa diversidade altimétrica cria microclimas locais que impactam diretamente as práticas agrícolas, o uso do solo e a disponibilidade hídrica, tornando a região um mosaico climático de contrastes sutis. Venda Nova do Imigrante, por sua posição intermediária, representa um ponto de transição entre os climas mais úmidos de Brejetuba e Domingos Martins e os mais quentes e secos de Castelo e Afonso Cláudio, o que explica sua alta aptidão agroclimática e a relevância da cafeicultura de montanha. Assim, o climograma reforça a necessidade de estratégias diferenciadas de planejamento territorial e manejo

ambiental em cada município, reconhecendo a influência determinante da altitude e da topografia sobre a dinâmica climática serrana.

2.2 Condição hídrica: rios importantes, qualidade da água e conservação dos mananciais

Venda Nova do Imigrante está inserida na sub-bacia hidrográfica do Rio Castelo, integrante da bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, cuja área total de drenagem é de aproximadamente 6.014 km², abrangendo 15 municípios do sul e centro-sul do Espírito Santo (IEMA, 2022). No território municipal, dois afluentes principais estruturam o sistema de drenagem: o Rio São João de Viçosa, principal curso d'água, e o Rio Caxixe, que drena o setor norte por meio do córrego Caxixe Frio, localizado no distrito de Alto Caxixe. O Rio São João de Viçosa corta a área urbana da sede, recebendo em seu percurso os córregos Santo Antônio, Lavrinhas e Bananeiras, além de pequenos tributários que nascem nas encostas do maciço da Pedra Azul e da Serra do Caxixe.

A dinâmica hidrográfica municipal é fortemente influenciada pela topografia acidentada e pela cobertura vegetal, predominando a Mata Atlântica secundária e as áreas agrícolas de encosta. Essa configuração contribui para a alta densidade de drenagem e a formação de nascentes perenes, que garantem o abastecimento de comunidades rurais e pequenas propriedades agrícolas (INCAPER, 2021). O regime fluvial é tipicamente pluvial, com forte sazonalidade: durante o verão, há picos de vazão e risco de enxurradas localizadas; no inverno, ocorrem reduções significativas no volume de água, refletindo a sazonalidade das chuvas regionais (INCAPER, 2022b; ANA, 2023).

Em termos de qualidade da água, o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), por meio do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais (2022), classifica os cursos d'água de Venda Nova do Imigrante predominantemente como Classe 2, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, o que permite seu uso para abastecimento público, irrigação e recreação, mediante tratamento convencional. Contudo, pontos localizados nos perímetros urbanos e

periurbanos do Rio São João de Viçosa apresentam alterações nos níveis de turbidez, coliformes termotolerantes e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), em decorrência do lançamento de efluentes domésticos e resíduos sólidos ainda sem tratamento adequado (IEMA, 2023).

A preservação dos mananciais é garantida, em grande parte, pela manutenção de fragmentos remanescentes de Mata Atlântica nativa, que atuam na proteção de nascentes e encostas, contribuindo para o controle da erosão e a recarga do lençol freático. Entretanto, a expansão de áreas agrícolas em declividade acentuada — especialmente voltadas à cafeicultura e à horticultura — e o uso irregular do solo próximo às margens de cursos d'água têm aumentado o risco de assoreamento e comprometido a resiliência hídrica local (MÉNDEZ-QUINTERO et al., 2023).

Comparativamente, municípios vizinhos da Região Serrana, como Castelo e Domingos Martins, apresentam desafios semelhantes. Em Castelo, o assoreamento do Rio Caxixe tem sido intensificado por atividades de mineração e uso agropecuário intensivo (SILVA; PANTOJA; COSTA, 2024). Já em Domingos Martins, a conservação das nascentes do Rio Jucu Braço Sul é priorizada por políticas de pagamento por serviços ambientais (PSA) e projetos de reflorestamento com espécies nativas, experiências que podem servir de referência para a gestão hídrica em Venda Nova do Imigrante (IEMA, 2021; INCAPER, 2023c).

A vulnerabilidade hídrica regional foi evidenciada durante o evento de seca de 2014–2016, quando o Espírito Santo enfrentou precipitações até 40% inferiores à média histórica, e as nascentes do Rio Castelo apresentaram redução acentuada de vazão, afetando diretamente o abastecimento urbano e a produção agrícola (SILVA; PANTOJA; COSTA, 2024). Essa conjuntura reforça a necessidade de estratégias de manejo integrado dos recursos hídricos, que incluam a recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs), o reflorestamento de nascentes degradadas e a ampliação do saneamento rural, em consonância com os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997).

Em síntese, a condição hídrica de Venda Nova do Imigrante reflete o equilíbrio entre fragilidade ambiental e potencial de conservação. A abundância de nascentes e a predominância de Mata Atlântica garantem alta qualidade dos recursos hídricos, mas

a pressão antrópica crescente e a sazonalidade das chuvas tornam imprescindível o planejamento hidrológico participativo, articulando agricultores, poder público e órgãos ambientais para assegurar a sustentabilidade dos mananciais e a segurança hídrica municipal.

2.3 Há escassez hídrica? Ocorreram eventos extremos recentes?

A **Região Sul-Serrana do Espírito Santo**, na qual se insere o município de **Venda Nova do Imigrante**, apresenta condições climáticas e hidrológicas singulares, influenciadas pela **altitude, pela orientação das vertentes e pelo regime orográfico de chuvas**. A pluviometria média anual varia entre **1.000 e 1.700 mm**, com **chuvas concentradas entre outubro e março e estiagens prolongadas entre abril e setembro** (INCAPER, 2021; ANA, 2023). O relevo montanhoso, caracterizado por **vales encaixados e declividades acentuadas**, favorece a ocorrência de microclimas locais e define a dinâmica de escoamento superficial e subterrâneo.

O **ano hidrológico de 2014–2015** marcou um período crítico de **seca extrema** no Espírito Santo, com **anomalias pluviométricas negativas superiores a 300 mm** em diversas áreas serranas, inclusive em Venda Nova do Imigrante (SILVA; PANTOJA; COSTA, 2024). Segundo o **Índice de Precipitação Padronizada (SPI)**, a região foi classificada entre “**seca extrema**” e “**moderada**”, registrando **redução acentuada na recarga dos aquíferos e diminuição de vazão em nascentes e córregos** (INCAPER, 2015; ANA, 2016). Esse déficit hídrico comprometeu a **produção agrícola e o abastecimento humano**, sobretudo nas comunidades rurais dependentes de captações superficiais. O **setor cafeeiro** foi o mais afetado, com **perdas médias de 18% na produção estadual em 2015**, além de impactos significativos na **fruticultura e na horticultura familiar** (INCAPER, 2016; CONAB, 2016).

Os **efeitos dessa estiagem** evidenciaram a **vulnerabilidade do sistema hídrico local**, reforçando a necessidade de **estratégias de armazenamento, reuso e conservação da água**. A dependência das chuvas para irrigação, aliada à limitada infraestrutura de reservatórios e à degradação de nascentes, acentuou o quadro de escassez sazonal. Em 2016, boletins da **Agência Nacional de Águas e Saneamento**

Básico (ANA) indicaram que os níveis de vazão do **Rio Castelo e de seus afluentes**, como o **Rio São João de Viçosa**, estavam **20% abaixo da média histórica** no auge da seca (ANA, 2016; INCAPER, 2017).

Nos anos subsequentes, o regime de chuvas manteve-se irregular. **Entre 2020 e 2022**, verificou-se alternância entre trimestres extremamente úmidos e períodos de estiagem pronunciada, com **déficits hídricos de até 100 mm em relação à média histórica** no inverno de 2021 (INCAPER, 2022b). O **ano de 2023** apresentou precipitações acima de 500 mm em parte do Caparaó e anomalias negativas em porções da serra, resultando em **seca meteorológica localizada nos meses de novembro e dezembro** (INCAPER, 2023c). Já o **primeiro trimestre de 2024** foi classificado como “**severamente úmido**” pelo SPI, com **acumulados superiores a 550 mm**, o que trouxe **benefícios para a recarga hídrica**, mas também **prejuízos agrícolas** devido ao excesso de umidade e à proliferação de doenças fúngicas em hortaliças e cafezais (INCAPER, 2024).

Embora **não haja registros recentes de enchentes catastróficas**, o município apresenta **alta susceptibilidade a inundações rápidas e deslizamentos**, devido à morfometria das bacias de drenagem, predominantemente **circulares**, e à **impermeabilização do solo urbano**. O evento de **4 de abril de 2018**, quando foram registrados **87,4 mm de chuva em 24 horas**, com **76,4 mm em apenas quatro horas**, exemplifica essa vulnerabilidade (MACHADO DA SILVA; SOARES FIALHO, 2018). Tal episódio, analisado segundo a **Análise Rítmica de Monteiro (1971)**, foi provocado pelo avanço de uma **linha de instabilidade atmosférica** sobre o sul do estado, gerando **inundações nas margens do Rio Viçosa** e transtornos no núcleo urbano.

A **ocupação urbana em áreas de várzea e encostas instáveis**, somada ao **desmatamento e à ausência de infraestrutura de drenagem pluvial adequada**, agrava os impactos desses eventos extremos. Essa condição, associada às mudanças no uso do solo e ao **aquecimento local registrado nos últimos 20 anos**, indica uma **tendência de intensificação de extremos pluviométricos e térmicos** na região (IEMA, 2023; MÉNDEZ-QUINTERO et al., 2023).

Em relação às **temperaturas médias anuais**, Venda Nova do Imigrante mantém **média de 18,6 °C**, com **máximas entre 27 °C e 28 °C** em fevereiro e **mínimas entre 9 °C e 11 °C** em julho, de acordo com dados do **INCAPER (2023a)**. Entretanto, observou-se **aumento de até 1,5 °C na média das máximas** entre 2000 e 2024, tendência semelhante à verificada em outras estações serranas do Espírito Santo, como Domingos Martins e Brejetuba (INCAPER, 2024; ANA, 2024). Esse aquecimento local está relacionado à **redução da cobertura vegetal, à expansão urbana e ao adensamento de áreas impermeabilizadas**, configurando um fenômeno de “**ilha de calor serrana**”, mais perceptível nos centros urbanos densos.

Portanto, o quadro hídrico e climático de Venda Nova do Imigrante revela **uma dupla vulnerabilidade ambiental**: à **escassez hídrica** nos períodos secos e aos **eventos extremos de precipitação** em verões intensos. Essa condição reforça a urgência de **planos municipais de adaptação climática**, integrando **monitoramento de nascentes, reflorestamento de matas ciliares e ordenamento urbano sustentável**, em consonância com as diretrizes da **Política Nacional de Mudanças Climáticas (Lei nº 12.187/2009)** e da **Política Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo (Lei nº 10.179/2014)**.

2.4 Suscetibilidade a Deslizamentos de Massa em Venda Nova do Imigrante

A configuração física de **Venda Nova do Imigrante** insere o município em um contexto de **alta suscetibilidade a movimentos de massa** — sobretudo **escorregamentos e rastejos de solo** —, fenômenos amplamente associados à morfologia serrana e às chuvas concentradas nos meses de verão. Localizado no domínio geomorfológico dos “**mares de morros**”, o território apresenta **relevos fortemente ondulados, declividades superiores a 20%** em grande parte da área rural e **altitudes que variam entre 600 e 1.500 metros**, com destaque para o **maciço da Pedra Azul e Serra do Caxixe** (IBGE, 2023; CPRM, 2014).

Essas condições topográficas, combinadas ao **regime pluviométrico intenso e sazonal** — que ultrapassa **1.400 mm/ano** e concentra mais de 60% das chuvas entre **novembro e março** —, criam **elevado potencial de instabilidade de encostas**,

sobretudo em solos profundos e intemperizados, como os **Latossolos Vermelho-Amarelos** e os **Cambissolos Háplicos**, predominantes na região (INCAPER, 2023; IEMA, 2022). Tais solos, embora férteis e adequados à agricultura, perdem coesão rapidamente quando saturados, favorecendo processos de **colapso por encharcamento e ruptura superficial**.

A **expansão urbana desordenada**, característica do entorno da sede municipal e dos distritos de **São João de Viçosa** e **Alto Caxixe**, intensifica a fragilidade natural do relevo. O **adensamento em encostas** sem infraestrutura adequada de drenagem, aliado à **impermeabilização do solo** e à **remoção de vegetação ciliar e de cobertura**, reduz a infiltração e aumenta o **escoamento superficial**, ampliando o risco de escorregamentos rotacionais e translacionais (IEMA, 2023).

Estudos do **Serviço Geológico do Brasil (CPRM)** e do **Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA)** indicam que **Venda Nova do Imigrante** está incluída na **zona de alta suscetibilidade a desastres geológicos** do **Mapa de Áreas de Risco de Movimentos de Massa e Inundações do Espírito Santo (CPRM, 2014)**. Esse mapeamento identificou **pontos críticos** nas encostas voltadas para o **Rio Viçosa e Córrego Lavrinhas**, onde o solo apresenta espessura superior a 3 metros, declividade acentuada e drenagem deficiente.

Além disso, boletins do **INCAPER (2020–2024)** destacam que os **eventos extremos de chuva**, como o de **abril de 2018** (87,4 mm em 24h), geraram **movimentos de massa localizados**, principalmente **escorregamentos de taludes agrícolas** e **pequenos fluxos de detritos** em estradas rurais e áreas de cultivo de café. Esses episódios reforçam a necessidade de **políticas públicas preventivas**, como o **zoneamento de risco geotécnico**, a **conservação da vegetação de encosta** e o **controle do uso do solo em áreas críticas**.

Quadro 1 - Quadro de análise de suscetibilidade de risco ambiental do município de Venda Nova do Imigrante-ES.

Categoria	Fator associado	Impacto sobre a estabilidade	Como se manifesta em VNI
Natural	Relevo acidentado (declividades > 20%)	Facilita a ruptura de taludes e escorregamentos superficiais	O relevo montanhoso do município, com altitudes entre 600 e 1.500 m e vales encaixados, cria áreas de instabilidade, principalmente nos distritos de São João de Viçosa e Alto Caxixe .
Hidrológico	Chuvas intensas no verão (eventos > 80 mm/24h)	Saturação dos solos e aumento da pressão intersticial	Episódios como o de abril/2018 (87,4 mm em 24 h) indicam forte potencial para movimentos de massa em encostas agrícolas e margens de córregos.
Pedológico	Solos argilosos profundos (Latossolos e Cambissolos)	Alta erodibilidade e perda de coesão sob umidade	Predominam Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Háplicos , suscetíveis a colapsos e ravinamentos quando saturados por chuvas intensas.
Antrópico	Ocupação de encostas e supressão vegetal	Redução da resistência mecânica e aumento do escoamento superficial	Expansão urbana e agrícola em declives acentuados, com desmatamento de matas ciliares e ausência de drenagem adequada em lotes periféricos.
Infraestrutural	Estradas rurais sem drenagem lateral	Focos de erosão e instabilidade em taludes de corte	Diversas estradas vicinais — como as que ligam Caxixe Frio e Bananeiras — sofrem erosão laminar e rupturas após chuvas concentradas.
Climático	Chuvas concentradas e verões cada vez mais intensos	Aumenta a frequência de eventos críticos e o escoamento superficial	Dados do INCAPER (2020–2024) mostram tendência de verões mais chuvosos e aumento de 1,5 °C na média das máximas, intensificando riscos geomorfológicos.
Socioeconômico	Densidade populacional crescente em áreas de encosta	Amplia a vulnerabilidade de moradias e infraestruturas locais	Núcleos urbanos de Venda Nova e São João de Viçosa possuem expansão sobre vertentes íngremes, com população exposta a escorregamentos e alagamentos localizados.

A leitura integrada dos fatores mostra que **Venda Nova do Imigrante se insere na faixa de alta suscetibilidade a movimentos de massa da Serra Capixaba**, por reunir **relevo acidentado, solos erodíveis, drenagem concentrada e uso intensivo das encostas agrícolas**. A combinação desses elementos confere ao município um **perfil de risco misto** — natural e antrópico —, exigindo **planejamento territorial preventivo, zoneamento geotécnico e educação ambiental comunitária** voltados à redução da vulnerabilidade geomorfológica.

2.5 Condição Ambiental e Riscos Naturais em Venda Nova do Imigrante (ES)

A leitura integrada dos componentes **climáticos, hidrológicos, pedológicos e geomorfológicos** de Venda Nova do Imigrante revela um território de **grande complexidade ambiental**, no qual a **riqueza ecológica** e a **fragilidade natural** coexistem em equilíbrio delicado. O município se insere em um contexto de **altas declividades, solos intemperizados e forte sazonalidade pluviométrica**, condições que, embora favoráveis à fertilidade agrícola e à diversidade biológica, também o tornam **altamente suscetível a processos de degradação e instabilidade ambiental**.

O **clima tropical de altitude**, com **médias térmicas anuais de 18,6 °C** e **precipitações entre 1.400 e 1.700 mm**, caracteriza-se por uma **marcada sazonalidade**: verões úmidos e invernos secos. Essa alternância, modulada pelo relevo montanhoso, acarreta desafios à gestão hídrica e ao uso do solo, especialmente diante do **avanço das mudanças climáticas regionais**, que têm ampliado a frequência de **eventos extremos**, como **estiagens severas** e **chuvas concentradas**. O **ano hidrológico de 2014–2015**, em particular, representou um marco de vulnerabilidade, com **anomalias pluviométricas negativas superiores a 300 mm**, perdas de até **40% na cafeicultura** e comprometimento da recarga dos mananciais — evidenciando a interdependência entre **crise climática e segurança hídrica** (INCAPER, 2016; CEASA-ES, 2015).

No plano hidrológico, o município integra a **sub-bacia do Rio Castelo**, afluente da bacia do **Rio Itapemirim**, cuja dinâmica é fortemente condicionada pela **morfologia serrana** e pela **cobertura vegetal remanescente da Mata Atlântica**. Apesar da boa qualidade geral das águas superficiais, observam-se **pressões antrópicas crescentes** — como ocupação de margens, uso agrícola intensivo e lançamento de efluentes — que comprometem a **sustentabilidade dos mananciais** e ampliam a vulnerabilidade a **eventos de escassez e contaminação hídrica**.

Os aspectos **geomorfológicos e pedológicos** reforçam o quadro de suscetibilidade. Os **Latossolos e Cambissolos**, dominantes no território, combinados às fortes declividades e ao regime de chuvas torrenciais, favorecem a **ocorrência de processos erosivos, assoreamento e deslizamentos de massa**. O mapeamento

do **Serviço Geológico do Brasil (CPRM)** e do **IEMA** confirma a inserção de Venda Nova do Imigrante em uma **zona de alta suscetibilidade a movimentos de massa**, com **pontos críticos nas encostas dos rios São João de Viçosa e Caxixe**, onde a saturação hídrica e a ocupação desordenada potencializam riscos de escorregamento.

No plano socioambiental, o **crescimento urbano sem planejamento geotécnico**, a **impermeabilização de áreas de encosta** e a **supressão de cobertura vegetal nativa** têm agravado a instabilidade natural do relevo. Esses fatores ampliam os riscos de **inundações rápidas, erosão laminar e deslizamentos localizados**, afetando tanto a **infraestrutura rural** quanto a **segurança das populações residentes em vertentes íngremes**.

Dessa forma, **Venda Nova do Imigrante** pode ser compreendida como um **território de transição ambiental**, onde os elementos naturais e humanos interagem de maneira intensa e complexa. Essa condição exige uma **governança ambiental preventiva e integrada**, que una **monitoramento climático, planejamento territorial, gestão participativa da água e educação ambiental comunitária**. O fortalecimento de **políticas de reflorestamento de encostas, conservação de nascentes, zoneamento urbano sustentável e mitigação de riscos geotécnicos** constitui o caminho para garantir a **resiliência ecológica e socioeconômica** do município frente aos desafios climáticos e ambientais do século XXI.

3. A FRAGMENTAÇÃO DE HABITATS E SEUS IMPACTOS

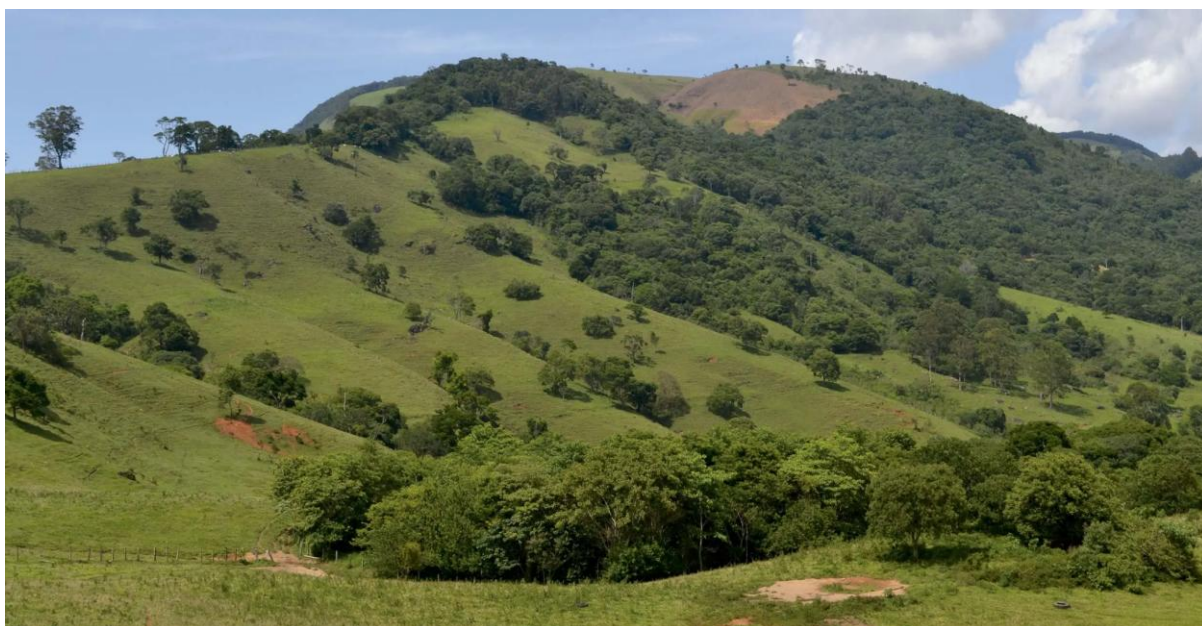
A fragmentação de habitats consiste em um processo ambiental no qual um grande habitat é dividido em diversos pedaços menores. “Este processo é denominado fragmentação, definida como a transformação de um habitat contínuo em manchas de habitat, que variam em tamanho e forma” (FAHRIG, 2003).

Esse processo ocorre, muitas vezes, por causas associadas a fins lucrativos, como a pecuária, em que áreas de floresta nativa são convertidas em pastagens para a produção de gado de corte e leiteiro. No município em questão, essa prática é

bastante comum, especialmente devido à produção de derivados do leite, como iogurtes, queijos, ricotas, entre outros.

Além disso, a fragmentação também ocorre devido à urbanização desenfreada e sem planejamento, especialmente nas zonas periféricas, e à expansão da produção agrícola de culturas como café, abacate e tomate. No entanto, o principal fator desse fenômeno no município é a constante construção de infraestruturas voltadas ao turismo rural, como pousadas, hotéis, condomínios, restaurantes, áreas de recreação, estradas e rodovias, visando suprir a grande demanda de turistas (SEOANE et al., 2010).

Figura 3 - Exemplo 1 de paisagem com fragmentação de habitats.



Fonte: <https://alavoura.com.br/meio-ambiente/protecao-ambiental/pesquisadores-tentam-conectar-areas-separadas-da-mata-atlantica/>. Acesso em 31/08/2025

Figura 4 - - Exemplo 2 de paisagem com fragmentação de habitats.



Fonte: <https://turismodenatureza.com.br/o-que-fazer-em-venda-nova-do-imigrante/>

A Figura 3 mostra um ambiente fragmentado estudado por pesquisadores já a Figura 4 mostra uma imagem aérea da lagoa do alto bananeiras localizada em Venda Nova do Imigrante claramente a uma semelhança entre elas as áreas de mata nativa estão separadas por pastagens isso mostra que por mais que ainda não comprovado nosso município tem uma grande parte de sua área de mata atlântica fragmentada.(seoane et al.,2010).

A Figura 3 mostra um ambiente fragmentado estudado por pesquisadores. Já a Figura 4 apresenta uma imagem aérea da Lagoa do Alto Bananeiras, localizada em Venda Nova do Imigrante. Nota-se uma clara semelhança entre elas: as áreas de mata nativa estão separadas por pastagens. Isso demonstra que, embora ainda não haja estudos conclusivos, é possível observar indícios de que uma grande parte da Mata Atlântica presente no município encontra-se fragmentada (SEOANE et al., 2010).

3.1 Efeito de Borda

O efeito de borda é um fenômeno que ocorre na zona de transição entre dois ou mais habitats distintos e que influencia diretamente as condições ecológicas do interior dos

fragmentos. Por exemplo, em um habitat extenso, onde predominam determinadas condições de luminosidade, umidade, temperatura e níveis de ruído, as espécies ali presentes estão adaptadas a esses fatores. No entanto, ao ocorrer a fragmentação, essas condições são alteradas nas bordas dos fragmentos, podendo afetar negativamente as espécies nativas, comprometendo sua sobrevivência.

3.2 Fragmentação de Habitats e Seu Impacto na Fauna e Flora Local

A divisão de um ambiente contínuo em vários fragmentos menores impacta diretamente e indiretamente todo o ecossistema. A distância entre os fragmentos dificulta o fluxo genético entre as populações, favorecendo o fenômeno do **endocruzamento**, ou seja, a reprodução entre indivíduos aparentados. Isso resulta em populações com baixa diversidade genética, mais vulneráveis a doenças e à extinção (PIMENTA, 2020).

A extinção de espécies polinizadoras, como insetos e aves, também afeta a flora local. A ausência desses agentes compromete a polinização das plantas, o que pode levar à má formação de frutos, produção de sementes inférteis e, conseqüentemente, à extinção de espécies vegetais. Esse processo pode desencadear um ciclo de extinções em cadeia, ameaçando a integridade de todo o fragmento florestal.

3.3 Fragmentação de Habitats e Seu Impacto na Economia

A economia do município está fortemente ligada ao agroturismo e à agricultura, especialmente à produção de frutas como o café. Ambas dependem diretamente da polinização realizada por espécies nativas. A extinção de polinizadores pode, portanto, comprometer a produção de frutos, afetando não apenas a oferta agrícola, mas também o turismo, que gira em torno dessa produção (NASCIMENTO, 2007).

Além disso, a escassez de cereais como milho e soja — utilizados na alimentação de animais — pode impactar a produção de alimentos de origem animal, como leite, queijo, socol e outros embutidos. Tais produtos compõem a base da economia turística local, o que evidencia como a fragmentação dos habitats pode gerar impactos econômicos diretos e indiretos.

3.4 Corredores Ecológicos e Seu Papel na Desfragmentação de Habitats

Corredores ecológicos vêm sendo implantados no Brasil e no mundo como estratégia para mitigar os efeitos da fragmentação de habitats. De acordo com a Lei Federal nº

9.985/2000, artigo 2º, corredores ecológicos são "porções de ecossistemas naturais ou seminaturais que ligam unidades de conservação, permitindo o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas".

Esses corredores formam redes entre fragmentos florestais, permitindo que espécies transitem de forma segura entre os habitats, diminuindo os impactos negativos da fragmentação.

O município de Venda Nova do Imigrante pode desempenhar um papel estratégico nesse processo, servindo de ligação entre o Parque Estadual da Pedra Azul e o Parque Estadual do Forno Grande. A criação de corredores ecológicos por meio dos fragmentos existentes no município permitiria a formação de uma rede contínua de habitats, promovendo o deslocamento seguro da fauna e o fluxo genético entre as áreas protegidas (SEOANE et al., 2010).

4. SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA(SBN) E SUA POSSÍVEL CONTRIBUIÇÃO PARA VENDA NOVA DO IMIGRANTE

As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) são estratégias inspiradas em processos naturais que proporcionam uma série de vantagens não apenas ambientais, mas também econômicas e sociais. De acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), responsável pela definição do conceito, as SBN são:

“Ações para proteger, manejar de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais e modificados, que abordam desafios sociais de forma efetiva e adaptativa, promovendo o bem-estar humano e benefícios para a biodiversidade” (WRI BRASIL, 2022, p. 1).

No ambiente urbano, existem diversas formas de aplicação das SBN, como jardins de chuva, telhados verdes, restauração de encostas e renaturalização de rios, entre outras alternativas. Em um contexto em que as emergências climáticas se tornam cada vez mais frequentes, soluções como essas são cada vez mais necessárias — não apenas para regular a temperatura ou reabastecer os aquíferos urbanos, mas

também para tornar as cidades ambientes mais resilientes e agradáveis para se viver (WRI BRASIL, 2022).

De acordo com Silva e Drach (2024), a substituição de superfícies permeáveis e áreas verdes por construções de concreto e asfalto provoca uma drástica redução na capacidade de absorção de água pelo solo, contribuindo para o aumento da ocorrência de enchentes e outros eventos climáticos extremos.

As SBN baseiam-se em conceitos como serviços ecossistêmicos, infraestrutura verde e azul e engenharia ecológica, entre outras medidas. Essas soluções utilizam os benefícios encontrados na natureza para aumentar a resiliência das cidades e atenuar os riscos ambientais, favorecendo a regeneração urbana.

Portanto, as SBN são de extrema importância para fomentar a permeabilidade do solo, a infiltração da água, o aumento da vegetação e a criação de corredores verdes nas cidades, além de contribuírem para a redução do efeito de ilha de calor, para a melhoria da qualidade do ar e para o fornecimento de habitat à fauna.

Figura 5 - Exemplo de Jardim de Chuva, Parede Verde ou Jardim Vertical



Foto: <https://images.adsttc.com/media/images/6245/e46e/1db7/dc01/65ea/3817/newsletter/nadine-marfurt-sbafjzb9674-unsplash.jpg?1648747682>, Acesso em 11 de Out de 2025

Segundo Tucci (2008), o objetivo dos sistemas de drenagem é conduzir as águas pluviais desde o sistema de microdrenagem até o de macrodrenagem. Entretanto, com o constante crescimento da urbanização e os desafios hídricos urbanos — como as inundações provocadas pela impermeabilização das superfícies —, diversos impactos vêm sendo gerados no campo da gestão das águas.

É nesse contexto que surge o conceito de *cidades-esponja*, que propõe soluções urbanas capazes de absorver, armazenar e reutilizar a água da chuva de forma sustentável, reduzindo o risco de alagamentos e contribuindo para a recarga dos aquíferos (RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT, 2022).

Figura 6 - Infográfico sobre como SBNs contribuem para a drenagem urbana



Fonte: Fundação Grupo Boticário / Thiago Oliveira Basso.

A **cidade-esponja** possui uma infraestrutura sensível à água, capaz de reter, purificar e infiltrar maiores volumes de água pluvial por meio das **Soluções Baseadas na Natureza (SBN)**. As transformações arquitetônicas e urbanísticas que inserem uma cidade no conceito sustentável de cidade-esponja têm como objetivo adotar soluções que permitam a absorção da água da chuva tanto em construções quanto em áreas livres (NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL, 2025). Além disso, essas estratégias buscam recarregar os aquíferos e lençóis freáticos locais, permitindo que a água excedente escoe para áreas previamente planejadas para serem alagadas de forma segura (NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL, 2025).

Observando-se as mudanças climáticas e o potencial de redução de impactos proporcionado por projetos baseados nas SBN, é possível propor soluções específicas para o município de **Venda Nova do Imigrante**. O conceito de cidade-esponja pode ser aplicado por meio da implantação de **infraestrutura verde**, composta por áreas destinadas à drenagem de água, implementadas através de biovaletas, jardins de chuva, telhados verdes e outros sistemas que favorecem a infiltração e o reaproveitamento das águas pluviais.

As **infraestruturas verdes** são reconhecidas como componentes fundamentais das cidades, proporcionando não apenas benefícios estéticos, mas também vantagens ambientais e sociais (MEZOMO; PERONDI, 2025). Metodologias como parques arborizados e áreas verdes contribuem para o controle da temperatura, a purificação do ar, a manutenção do bem-estar psicológico e o gerenciamento da água pluvial excedente nos sistemas de drenagem urbana.

Além dos desafios hídricos, as cidades enfrentam **ameaças ao bem-estar e à longevidade humana**, como o aumento da temperatura urbana provocado pelas **ilhas de calor**. Esse conceito explica a existência de zonas artificiais com temperaturas mais elevadas dentro de uma paisagem naturalmente homogênea em termos térmicos. A formação dessas áreas de calor está diretamente relacionada a fatores como a verticalização das construções, o baixo índice de refletividade (albedo), a escassez de áreas verdes e a intensa circulação de veículos (SANTANA, 2014)¹.

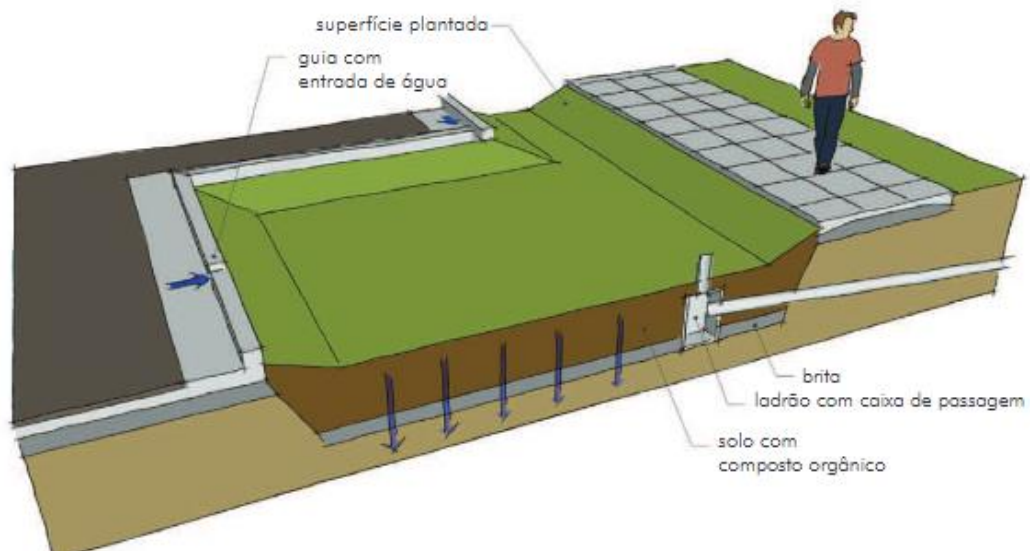
A intensidade das ilhas de calor tende a ser maior nas regiões centrais dos grandes centros urbanos, onde há maior concentração de materiais com baixa capacidade de reflexão. Nas áreas periféricas, observa-se uma redução gradativa das temperaturas, à medida que aumenta a presença de vegetação e diminui a densidade construtiva.

¹ Destacamos que o fenômeno das ilhas de calor interfere em escala local que, entretanto, em escala global, todos estamos ameaçados pelo Aquecimento Global.

4.1 Jardins de chuva

Os **jardins de chuva** são, basicamente, depressões escavadas no solo com o objetivo de captar e tratar a água excedente proveniente do escoamento superficial. Esses jardins podem ser implantados de diferentes formas, como em canteiros centrais, rotatórias e calçadas, onde a água é filtrada e purificada antes de infiltrar no solo (WRI BRASIL, 2022).

Figura 7 - Desenho representativo sobre Jardim de Chuva

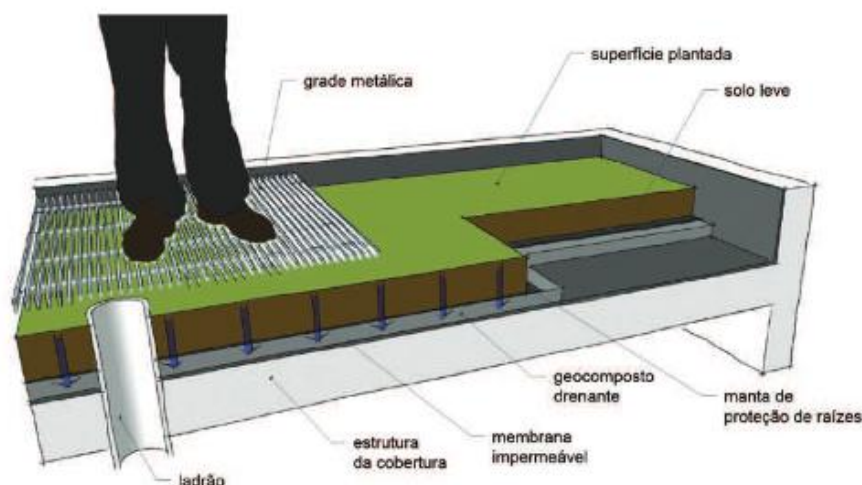


Fonte: <https://revistas.usp.br/paam/article/view/105962/111750>, p 128. Acesso em 12 de Out de 2025.

4.2 Telhados verdes

A cobertura de telhados com solo e vegetação constitui uma medida eficiente para auxiliar na prevenção de alagamentos, pois reduz o volume de água encaminhado ao sistema de drenagem urbana. Entretanto, sua vantagem não se limita apenas a esse aspecto. Com a adoção dessa prática, a temperatura interna dos edifícios tende a diminuir, contribuindo para a mitigação das ondas de calor e para a redução do consumo de energia elétrica. Isso ocorre porque, com a queda da temperatura interna, a necessidade de uso de aparelhos de climatização é significativamente reduzida (WRI BRASIL, 2022).

Figura 8 - Desenho representativo sobre a estrutura de Telhados Verdes



Fonte: <https://revistas.usp.br/paam/article/view/105962/111750>. p 11, Acesso em 12 de Out de 2025.

4.3 Restauração da vegetação nativa

Embora possa parecer uma medida simples ou repetitiva, a restauração da vegetação nativa é de extrema importância para a manutenção do equilíbrio ambiental nas áreas urbanas. Essa prática contribui para o combate ao fenômeno das ilhas de calor e, em regiões de relevo acidentado, auxilia na mitigação de processos erosivos e deslizamentos de encostas (WRI BRASIL, 2022).

4.4 Biovaletas

As **biovaletas** são estruturas semelhantes aos jardins de chuva; contudo, diferenciam-se pela forma como são construídas. Trata-se de depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e outros elementos filtrantes, responsáveis por promover a limpeza e a infiltração da água da chuva.

Além disso, em eventos de precipitação intensa, as biovaletas direcionam o excedente de água para os jardins de chuva, que possuem maior capacidade de absorção e armazenamento (REVISTAS USP, 2008).

Figura 9 - Desenho representativo sobre esquema estrutural de Bivaletas



Fonte: <https://revistas.usp.br/paam/article/view/105962/111750>. p 8, Acesso em 12 de Out de 2025.

4.5 Pocket Forests ou método Miyawaki

As **Pocket Forests**, ou método **Miyawaki**, consistem no plantio de vegetação nativa de alta biodiversidade, visando ao crescimento rápido e à ocupação de pequenos espaços. Esse conceito se inspira no método pioneiro desenvolvido pelo Dr. Akira Miyawaki na década de 1970. O *Método de Floresta Miyawaki* (MFM) baseia-se, essencialmente, em uma preparação intensiva do solo e no plantio adensado de espécies arbóreas desde o início, o que favorece o crescimento acelerado da vegetação e promove maior riqueza biológica.

Quando aplicado em áreas urbanas, o método busca reconectar a população com a natureza e promover o bem-estar humano, sendo recentemente adotado em diversos países ocidentais (ARBORICULTURAL JOURNAL, 2024).

A função ecológica das *Pocket Forests* não se limita à restauração rápida e eficiente de biomas degradados ou à introdução de biodiversidade em áreas densamente urbanizadas. Essas florestas também têm um papel relevante na absorção de grandes quantidades de carbono atmosférico e na promoção de uma maior integração entre a população e o ambiente natural (ARBORICULTURAL JOURNAL, 2024).

Em **Venda Nova do Imigrante**, as *Pocket Forests* podem ser implementadas em áreas com aproximadamente 5.000 m², proporcionando espaços recreativos e de lazer que não se restringem apenas aos parques, mas que também podem ser inseridos em áreas próximas a escolas, com árvores de rua, canteiros de flores ou telhados verdes integrados ao contexto urbano (SCIENCEDIRECT, 2021).

Nesse sentido, apresentaremos espécies vegetais da própria Mata Atlântica que podem auxiliar o processo de reflorestamento. Dividimos as espécies vegetais em três categorias distintas: **espécies pioneiras**, de crescimento rápido; **espécies secundárias**, de crescimento em ritmo médio; **espécies clímax ou climácicas**, de crescimento lento. A divisão desta classificação respeita a noção de sucessão ecológica, processo gradual e sequencial na composição comunitária de um ecossistema, desde as espécies pioneiras à sua fase final, o clímax. A compreensão do conceito de sucessão ecológica permite que seja trabalhado o reflorestamento em áreas de ambiente totalmente estéril. Além dessas três categorias, inserimos as plantas frutíferas nativas, espécies vitais para a atração da fauna. Portanto, a seguir apresentamos espécies vegetais para a recuperação de áreas degradadas, o que pode contribuir com a realidade de cidades como Venda Nova do Imigrante.

4.5.1 Espécies pioneiras (crescem rápido, preparam o solo)

Figura 10 - Embaúba (*Cecropia pachystachya*)



Fonte: https://floradigital.ufsc.br/open_sp.php?img=20996, , acesso 12 de Out de 2025

Figura 11 - Pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*)



Fonte: <https://hortogranderio.com/Produto.aspx?idProduto=371438>, , acesso 12 de Out de 2025

Figura 12 - Guapuruvu (*Schizolobium parahyba*)



Fonte: <https://www.globaltree.com.br/guapuruvu.html>, , acesso 12 de Out de 2025

Figura 13 - Ingá (Inga vera, Inga marginata)



Fonte: <https://www.braganca.sp.gov.br/secretarias-municipais/meio-ambiente/programa-municipio-verdeazul/exemplar-010412345678>, acesso 12 de Out de 2025

Figura 14 - Capixingui (Croton floribundus)



Fonte: <https://www.arvores.brasil.nom.br/new/capixingui/croton%20floribundus01.jpg>, , acesso 12 de Out de 2025

4.5.2 Espécies secundárias (crescimento médio, maior longevidade)

Figura 15 - Ipê-amarelo (*Handroanthus albus*)



Fonte: <https://ciclovivo.com.br/planeta/meio-ambiente/ipes-amarelos-colorem-o-distrito-federal/>, acesso 12 de Out de 2025

Figura 16 - Ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus*)



Fonte: <https://curiosidadesvegetais.blogspot.com/2015/05/o-ipe-roxo-de-sete-folhas.html>, acesso 12 de Out de 2025

Figura 17 - Pitangueira (Eugenia uniflora)



Fonte: <https://sites.usp.br/jardimdabotanicausprp/pitangueira-eugenia-uniflora/>,
, acesso 12 de Out de 2025

Figura 18 - Araçá (Psidium cattleianum)



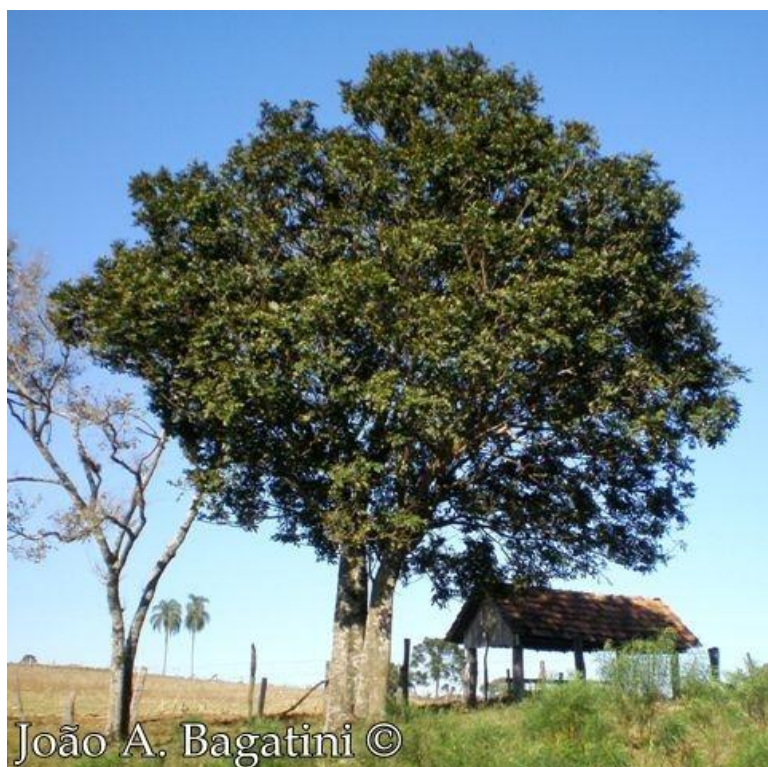
Fonte: <https://www.colecionandofrutas.com.br/psidiumcattleianum.htm>, , acesso 12
de Out de 2025

Figura 19 - Aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolia*)



Fonte: https://www.dancruzplantas.com.br/bisna3g8n-muda-baguacu-ou-bia-quacu?srsItid=AfmBOoqYrjieXB8Wvem8r_iAJUu7wNV4RLthx4ti803HcYz5loQ5-dEp, acesso 12 de Out de 2025

Figura 20 - Camboatá (*Cupania vernalis*)



Fonte: https://floradigital.ufsc.br/open_sp.php?img=11444, acesso 12 de Out de 2025

4.5.3 Espécies Climax ou Climácicas (crescimento lento, longa duração, estruturam a floresta madura)

Figura 21 - Jequitibá-rosa (Cariniana legalis)



Fonte: <https://bichosplantas.wordpress.com/2017/06/13/gigantes-pela-propria-natureza/>, Acesso em 12 de Out de 2025

Figura 22 - Jatobá (*Hymenaea courbaril*)



Fonte: <https://sobasombradasarvores.wordpress.com/pau-brasil/jatoba-hymenaea-courbaril/>, Acesso em 12 de Out de 2025

Figura 23 - Guarucaia (*Parapiptadenia rigida*)



João A. Bagatini ©

Fonte: https://floradigital.ufsc.br/open_sp.php?img=11126, Acesso em 12 de Out de 2025

Figura 24 - Canela-preta (*Nectandra megapotamica*)



Fonte: <https://ciprest.blogspot.com/2018/06/canelinha-ou-canela-cheirosa-nectandra.html>, Acesso em 12 de Out de 2025

Figura 25 - Cedro-rosa (*Cedrela fissilis*)



Fonte: <https://www.solutudo.com.br/classificados/sp/ipero/cedro-rosa-cedrela-fissilis-437757>, Acesso em 12 de Out de 2025

Figura 26 - Pau-brasil (*Paubrasilia echinata*)



Fonte: <https://www.embrapa.br/pau-brasil>, Acesso em 12 de Out de 2025

4.5.4 Frutíferas nativas (atraem fauna)

Figura 27 - Pitanga (*Eugenia uniflora*)



Fonte: <https://sites.usp.br/jardimdabotanicausprp/pitangueira-eugenia-uniflora/>, Acesso em 12 de Out de 2025

Figura 28 - Uvaia (Eugenia pyriformis)



Fonte: <https://www.aplantadavez.com.br/2015/10/uvaia-eugenia-pyriformis-cambess.html>, Acesso em 12 de Out de 2025

Figura 29 - Grumixama (Eugenia brasiliensis)



Fonte: <https://loja.paraisdasarvores.com.br/grumixama.html>, Acesso em 12 de Out de 2025

Figura 30 - Jabuticaba (*Plinia cauliflora*)



Fonte: <https://www.colecionandofrutas.com.br/myrciariacauliflora.htm>, Acesso em 12 de Out de 2025

Figura 31 - Araçá-boi (*Eugenia stipitata*)



Fonte: <https://www.colecionandofrutas.com.br/eugenia stipitata.htm>, Acesso em 12 de Out de 2025.

4.6 O Impacto Positivo do Envolvimento Comunitário

De acordo com Mezomo e Perondi (2025), atualmente as cidades enfrentam o constante desafio de equilibrar o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade ambiental. Com o aumento da urbanização e a crescente pressão sobre os recursos naturais, torna-se altamente necessário buscar estratégias que conciliem o crescimento populacional e econômico com a preservação do meio ambiente. Nesse contexto, a educação ambiental assume papel crucial, ao conscientizar as pessoas sobre como suas ações impactam o meio ambiente.

As escolas desempenham função essencial no desenvolvimento de uma mentalidade sustentável, por meio da abordagem de temas como o uso de agrotóxicos, a reciclagem e a gestão de resíduos. Essa atuação é fundamental para que os alunos compreendam que os desafios socioambientais afetam tanto áreas urbanas quanto rurais (MEZOMO; PERONDI, 2025).

A utilização da internet como ferramenta educacional também se mostra indispensável. Por meio de plataformas de e-learning e outras ferramentas digitais, é possível ampliar o alcance da educação ambiental. Além disso, a criação de aplicativos educativos pode engajar alunos e cidadãos em projetos voltados à sustentabilidade, como hortas comunitárias, monitoramento da poluição e campanhas de conscientização sobre o uso de agrotóxicos (MEZOMO; PERONDI, 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho fez parte de uma trilha de aprendizagem de estudantes do Ensino Médio em que a alternância entre a sala de aula e o trabalho de pesquisa, seja em gabinete ou em campo, promoveu amadurecimento acadêmico. O projeto PICjr, “Olhares para Conhecer e Reconhecer Futuros” proporcionou instrução e aprofundamento metodológico sobre levantamento bibliográfico, redação acadêmica, acessos a portais de artigos científicos e periódicos, trabalhos de campo, etc. Os bolsistas que se fazem aqui presentes estão consolidados nos materiais e argumentações desenvolvidas neste projeto de análise de emergência climática. O fundamento deste trabalho foi construir saberes e práticas de investigação ambientais sobre o município de Venda Nova do Imigrante. No entanto, a consolidação deste projeto não pode ser vista somente com uma culminância simbólica, este esforço de análise é potencialmente o vislumbre para uma sociedade menos desigual e socioambientalmente mais justa.

Destacamos também como a comunidade organizada pode ser a maior ferramenta de produção espacial sustentável, visto que, historicamente, Venda Nova do Imigrante é

composta por uma população de forte envolvimento comunitário e ativista. A convergência de ações voltadas para a melhoria das condições ambientais do município pode recuperar as cabeceiras, margens e leito dos rios; desenvolver o aumento da cobertura vegetal nativa, como a conversão de terrenos baldios ou de áreas degradadas para parques públicos de reflorestamento totalmente acessíveis.

A comunidade integrada e engajada ao poder público é fundamental para a promoção de recuperação de áreas de matas e rios em combate à fragmentação de habitats. A ação comunitária conduzida por conhecimento científico e instituições públicas consolidariam a formação de corredores ecológicos, por consequência, melhoria da diversidade biológica de fauna e flora, historicamente e gradualmente devastadas.

Para que exista a ação comunitária, é preciso fomentar engajamento por meio do trabalho educacional e informativo. Este trabalho é o alerta para tanto as lideranças do Poder Público, assim como para os cidadãos de Venda Nova do Imigrante. Só a ação conjunta, bem intencionada e organizada pode nos salvar do cenário devastador que a humanidade tem produzido. Este trabalho, portanto, é um manifesto de alerta, mas também de esperança no presente e futuro.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Atlas das Águas do Brasil: Regiões Hidrográficas e Sub-bacias do Espírito Santo*. Brasília: ANA, 2023.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, seção 1, p. 11, 20 dez. 1979.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial da União*, Brasília, seção 1, p. 1, 9 jan. 1997.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, seção 1, p. 109, 30 dez. 2009.

C2ES. *Drought and climate change*. Arlington: Center for Climate and Energy Solutions, 2024. Disponível em: <https://www.c2es.org/content/drought-and-climate-change/>. Acesso em: 6 out. 2025.

CEASA-ES – Central de Abastecimento do Espírito Santo. *Seca no ES: prejuízo de mais de R\$ 3,6 bilhões na agricultura*. Vitória: CEASA-ES, 2015. Disponível em: <https://ceasa.es.gov.br>. Acesso em: 11 out. 2025.

CLIMATE crisis: extreme weather. World Health Organization (WHO), 2025. Disponível em: <https://www.who.int/europe/emergencies/situations/climate-crisis-extreme-weather>. Acesso em: 6 out. 2025.

CODEX UTILITIES. *Como as mudanças climáticas afetam a geração, a transmissão e distribuição de energia elétrica: impactos e soluções*, 2024. Disponível em:

<https://codexutilities.com.br/mudancas-climaticas-afetam-a-geracao-a-transmissao-e-distribuicao-de-energia-eletrica-impactos-e-solucoes>. Acesso em: 9 out. 2025.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Levantamento de Safras Agrícolas 2015–2016*. Brasília: CONAB, 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, n. 53, seção 1, p. 58-63, 18 mar. 2005.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Mapa de Áreas de Risco de Movimentos de Massa e Inundações do Espírito Santo*. Brasília: CPRM, 2014.

CREDCARBO. *De que forma a Revolução Industrial influenciou nas mudanças climáticas?*, 2024. Disponível em: <https://credcarbo.com/carbono/de-que-forma-a-revolucao-industrial->. Acesso em: 22 ago. 2025.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 34, p. 487–515, 2003.

ESPÍRITO SANTO (Estado). *Plano de Adaptações de Mudanças Climáticas do Espírito Santo*. Vitória: Governo do Estado, 2025. Disponível em: <https://seama.es.gov.br/Media/Seama/Documentos/Sum%C3%A1rio%20Executivo%20do%20Plano%20de%20Adapta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20do%20Esp%C3%ADrito%20Santo.pdf>. Acesso em: 9 out. 2025.

FLAURAUD, V. *Como a redução do desmatamento pode ajudar a combater a crise climática*. UNEP, 2024. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/como-reducao-do-desmatamento->. Acesso em: 26 set. 2025.

GOIAS, M. *O papel das indústrias nas mudanças climáticas contemporâneas*. Trend Clima, 2025. Disponível em: <https://trendclima.com.br/industrias-nas-mudancas-climaticas>. Acesso em: 29 set. 2025.

GUEVANE, E. *Corte Internacional de Justiça: países têm obrigação de reduzir emissões de CO₂*. ONU News, 2025. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2025/07/1850532>. Acesso em: 22 ago. 2025.

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Espírito Santo*. Vitória: IEMA, 2023.

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Relatório Técnico de Suscetibilidade a Deslizamentos e Inundações*. Vitória: IEMA, 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de Vegetação do Brasil*. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapas de Relevo e Solos do Espírito Santo*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. *Boletim Agroclimático do Espírito Santo*. Vitória: INCAPER, 2024.

INCAPER. *Crise hídrica no Estado do Espírito Santo: o caso de 2014 a 2017*. Vitória: INCAPER, 2017.

INCAPER. *A estiagem no ano hidrológico 2014–2015 no Espírito Santo*. Vitória: INCAPER, 2016.

IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*

Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 6 out. 2025.

JORNAL DA USP. *Mudanças climáticas afetam a agricultura e prejudicam a produção de alimentos*. Campus Ribeirão Preto, 5 mar. 2024. Disponível em: <https://jornal.usp.br/campus-ribeirao-preto/mudancas-climaticas-afetam-a-agricultura-e-prejudicam-a-producao-de-alimentos>. Acesso em: 5 out. 2025.

KROLL, R. *Mudanças climáticas e a saúde humana: emergência do clima impacta no surgimento de novas doenças e na piora das já existentes*. Revista Arco, 2023. Disponível em: <https://www.ufsm.br/midias/arco/mudancas-climaticas-e-a-saude-humana>. Acesso em: 5 out. 2025.

LINDSEY, R. *Climate change: global sea level*. NOAA Climate.gov, 2023. Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level>. Acesso em: 5 out. 2025.

MACHADO DA SILVA, W.; SOARES FIALHO, E. As chuvas como risco climático e urbano: um estudo sobre os extremos ocorridos em Venda Nova do Imigrante – ES no ano de 2018. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, 15., 2021, *Anais* [...] [S.l.: s.n.], 2021. v. 15, p. 632–648.

MARQUES NETO, R. *O Horst da Mantiqueira Meridional: proposta de compartimentação morfoestrutural para sua porção mineira*. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 18, n. 3, p. 621–639, 2017.

MÉNDEZ-QUINTERO, J. D. et al. *Quantifying land use change dynamics in agrotourism destinations: a case study from Venda Nova do Imigrante, Brazil*. Geography, Environment, Sustainability, v. 16, n. 2, p. 121–131, 2023.

MONTEIRO, C. A. F. *Análise rítmica em climatologia: problemas de método e de técnica*. São Paulo: USP/IG, 1971.

NASA. *Extreme weather and climate change*, 2024. Disponível em: <https://science.nasa.gov/climate-change/extreme-weather>. Acesso em: 6 out. 2025.

NASA. *What is climate change?*, 2024. Disponível em: <https://science.nasa.gov/climate-change/what-is-climate-change>. Acesso em: 15 set. 2025.

NASCIMENTO, S. M. *Efeitos da fragmentação de habitats em populações vegetais*. 2007.

NIDIS. *What is drought: drought basics*. National Integrated Drought Information System, 2023. Disponível em: <https://www.drought.gov/what-is-drought/drought-basics>. Acesso em: 6 out. 2025.

OLIVEIRA, G. S. *Mudanças climáticas*. Brasília: Ministério da Educação, 2009. v. 13. (Coleção Explorando o Ensino).

PERTHUIS, C. de. *Acordo de Paris: já ultrapassamos 1,5°C de aquecimento? O que dizem as observações recentes*. The Conversation, 2024. Disponível em: <https://theconversation.com/acordo-de-paris-ja-ultrapassamos-1-5-c-de-aquecimento-o-que-dizem-as-observacoes-recentes>. Acesso em: 29 set. 2025.

PIMENTA, P. Pesquisadores apontam perigo da fragmentação de habitats para a biodiversidade, 2020. Disponível em: <https://www.ufms.br/pesquisadores-alertam-para-perigo-na-fragmentacao-de-habitats/>. Acesso em: 10 ago. 2025.

RAMOS, H. E. A. et al. *A estiagem no ano hidrológico 2014–2015 no Espírito Santo*. Vitória: INCAPER, 2016.

RITCHIE, H.; ROSER, M. *Deforestation and forest loss*. Our World in Data, 2021. Disponível em: <https://ourworldindata.org/deforestation>. Acesso em: 24 set. 2025.

SAADI, A. *Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais*. 1991. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1991.

SAÑO, Y. *The fate of our forest. If Not Us Then Who?*, 2014. Disponível em: <https://ifnotusthenwho.me/deforestation-and-climate-change-yeb-sano>. Acesso em: 24 set. 2025.

SANTOS, V. S. dos. *Mudanças climáticas*. Brasil Escola, 2025. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/mudancas-climaticas.htm>. Acesso em: 18 set. 2025.

SEOANE, C. E. S. et al. *Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais*, 2010.

SGARBI, G. N. C.; DARDENNE, M. A. *Evolução climática do Gondwana na região Centro-Sul do Brasil*. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 25–35, 1996.

SILVA, J. G. F. da; PANTOJA, P. H. B.; COSTA, E. B. da. *Crise hídrica no Estado do Espírito Santo: o caso de 2014 a 2017*. Vitória: INCAPER, 2024.

SUSTAINABILITY Directory. *Ecological feedback loops*. Pollution Sustainability Directory, 2025. Disponível em: <https://pollution.sustainability-directory.com/term/ecological-feedback-loops>. Acesso em: 26 set. 2025.

TIME de Sustentabilidade. *Mudanças climáticas: impactos e soluções para o futuro*. Raízen, 2022. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/mudancas-climaticas>. Acesso em: 15 set. 2025.

UNFCCC. *The Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change, 2024. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>. Acesso em: 29 set. 2025.

WANG, S.; GE, M. *Transportes é a fonte de emissões que mais cresce: veja os números*. WRI Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/transporte-e-fonte-de-emissoes-que-mais-cresce-veja-o-que-dizem-os-numeros>. Acesso em: 29 set. 2025.