



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**CENTRO DE BIOCÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

**ANÁLISE DA COBERTURA E USO DO SOLO NA  
MICROBACIA DO RIACHO ÁGUA VERMELHA, RN**

**JOANDERSON MÜLLER LIMA DE ANDRADE**

**NATAL - RN**  
**DEZEMBRO 2024**

JOANDERSON MÜLLER LIMA DE ANDRADE

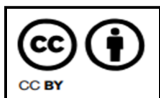
# ANÁLISE DA COBERTURA E USO DO SOLO NA MICROBACIA DO RIACHO ÁGUA VERMELHA, RN

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ecologia, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ecologia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Adriana Monteiro de Almeida

NATAL - RN

DEZEMBRO 2024



Esta obra está licenciada com uma licença *Creative Commons* Atribuição 4.0 Internacional. Permite que outros distribuam, remixem, adaptem e desenvolvam seu trabalho, mesmo comercialmente, desde que creditem a você pela criação original. Link dessa licença: [creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode)

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Leopoldo Nelson - -Centro de Biociências - CB

Andrade, Joanderson Muller Lima de.

Análise da cobertura e uso do solo na microbacia do Riacho  
Água Vermelha, RN / Joanderson Muller Lima de Andrade. - 2025.  
37 f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande  
do Norte, Centro de Biociência, Graduação em Ecologia. Nata, RN,  
2025.

Orientação: Profa. Dra. Adriana Monteiro de Almeida.

1. Mata ciliar - Monografia. 2. Rio - Monografia. 3. Impacto  
ambiental - Monografia. I. Almeida, Adriana Monteiro de. II.  
Título.

RN/UF/BSCB

CDU 631.962

JOANDERSON MÜLLER LIMA DE ANDRADE

# ANÁLISE DA COBERTURA E USO DO SOLO NA MICROBACIA DO RIACHO ÁGUA VERMELHA, RN

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ecologia, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ecologia.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Comissão examinadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Almeida Monteiro

(Orientadora)

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - DECOL

Prof. Dr. Ricardo Farias do Amaral

(Membro 1)

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - DG

George Bezerra da Cunha

(Membro 2)

Defesa Civil de Parnamirim

NATAL - RN

DEZEMBRO 2024

## Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus, por me guiar e me dar forças, especialmente nos momentos de procrastinação intensa. Sua presença constante em minha vida foi fundamental para que eu seguisse firme, mesmo quando as dificuldades pareciam maiores do que eu poderia suportar. Sou grato pela força espiritual que sempre encontrei em meu caminho, me impulsionando a seguir adiante.

Agradeço à minha orientadora, **Adriana Monteiro Almeida**, que foi mais que uma mentora – foi como uma segunda mãe e amiga. Sua paciência, sabedoria e dedicação foram essenciais para que eu superasse as dificuldades deste processo. Mesmo quando eu não sabia nem por onde começar, você sempre tinha as palavras certas para me direcionar. Sou eternamente grato pelo apoio incondicional e orientação ao longo dessa jornada.

À minha família, pelo apoio incondicional, amor e paciência. Agradeço a cada um de vocês por me compreenderem e por estarem ao meu lado, especialmente quando o TCC se tornou um tópico constante em nossas conversas. O carinho de vocês foi o combustível para seguir em frente nos momentos mais desafiadores.

À **Maria Santana da Silva**, que foi meu porto seguro e terapeuta de plantão. Sua presença foi fundamental em cada etapa desse processo, sempre me apoiando e me dando forças quando as coisas ficavam difíceis. Agradeço por me ouvir, me apoiar e por ser minha companheira, não apenas nos momentos bons, mas também nos mais desafiadores.

Agradeço também aos meus amigos, dentro e fora do meio acadêmico, que sempre estiveram presentes para compartilhar risadas, conselhos e, até mesmo, uma palavra de incentivo quando o trabalho parecia não ter fim. A amizade de vocês foi essencial para que eu mantivesse a motivação.

Gostaria de expressar minha gratidão aos profissionais da **UFRN**, especialmente do **DECOL**, **DBF** e **DG**, pelo suporte acadêmico e pelos recursos que tornaram possível a realização deste trabalho. Agradeço também à **Defesa Civil** de Parnamirim pela atenção e pelo apoio fundamental para a concretização deste projeto.

Por fim, um agradecimento muito especial à minha avó, **Maria das Dores Vicente**, que, mesmo sem ter acesso à educação formal, sempre me apoiou em meus estudos e me incentivou a seguir em frente. Sua sabedoria, amor e dedicação foram um pilar fundamental para o meu sucesso acadêmico. A sua força é uma inspiração diária para mim.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado!

“Então recicle suas ideias, e queira prosperar! Preserve a natureza, pro seu filho aproveitar. Então erga a mão pro alto, faça a diferença. Esteja sempre em paz com a sua consciência!”

**Charlie Brown Jr.**

## RESUMO

O riacho Água Vermelha, com 11 km de extensão, faz parte da bacia do rio Pirangi, no Rio Grande do Norte. Sua nascente está localizada em Macaíba e atravessa a cidade de Parnamirim. As águas do riacho desaguam no rio Taborda, seguindo para o rio Pirangi. Atualmente, tanto a qualidade de sua água quanto sua mata ciliar encontram-se degradadas. Com a substituição da vegetação por urbanização e pequenas propriedades agrícolas, o riacho Água Vermelha sofre impactos significativos como o assoreamento e poluição, o que afeta a qualidade da água, a fauna e a flora local. O presente estudo teve como objetivo analisar a cobertura e uso do solo em diferentes distâncias do riacho (30m, 60m, 100m, 120m, 300m, 500m). Para tal, foi criado um mapa, com os “buffers” no entorno do riacho Água Vermelha. As classes de cobertura foram obtidas do projeto Mapbiomas do ano de 2022. Após a análise de dados obtidos dos “buffers”, notamos que à medida que se aumenta a distância em relação ao riacho, a cobertura de floresta perde o lugar para a urbanização e agropecuária de pequeno porte. Na faixa de até 30m, observamos 55,4% de floresta contra 39% de área urbanizada e agropecuária. Já na faixa de 300 a 500m, observamos apenas 19,2% de floresta contra 80,1% de urbanismo e agropecuária. Com base nisso são necessárias ações urgentes de recuperação da mata ciliar e da qualidade da água do riacho Água Vermelha. Desta forma, é importante considerar medidas de recuperação para o riacho água vermelha, como restaurar a mata ciliar com espécies nativas, desenvolver medidas de tratamentos dos efluentes que desaguam no riacho, elaborar ações de educação ambiental para comunidade que vive no entorno, mostrando a importância de preservar o riacho e sua mata ciliar.

Palavras chaves: Mata Ciliar, Rio, Impacto Ambiental, Urbanização, Agropecuária.

## **ABSTRACT**

The Água Vermelha stream, 11 km long, is part of the Pirangi River basin in Rio Grande do Norte. Its source is located in Macaíba and it flows through the city of Parnamirim. The stream's waters flowing to Taborda River, which then flows into Pirangi River. Nowadays, both its water quality and riparian forest are degraded. The Água Vermelha stream suffers with the replacement of native vegetation by urbanization and small agricultural properties, provoking significant impacts such as silting and pollution, which affects water quality, and also its fauna and flora. The objective of this study was to analyze land cover and land use at different distances from the stream (30m, 60m, 100m, 120m, 300m, 500m). A map was created with buffers around the Água Vermelha stream. The land cover classes were obtained from the 2022 "Mapbiomas" project. After analyzing the buffers, we observed that forest cover is replaced by urbanization and agriculture in higher distances. In the first 30m, 55.4% of the area is composed by forest, compared to 39% covered by urbanized and agricultural areas. In the 300m to 500m distance range, only 19.2% of the area is composed by forest, with 80.1% covered by urbanized and agricultural areas. We suggest that urgent actions are needed to restore the riparian forest and improve the water quality of the Água Vermelha stream. It is also important to consider restoration the Água Vermelha stream, such as reforestation of the riparian forest with native species, effluent treatment measures, and environmental education actions for the neighbourhood community, highlighting the importance of preserving the stream and its riparian forest.

Keywords: Riparian Forest, River, Environmental Impact, Urbanization, Agriculture.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
<b>Área de Estudo.....</b>	<b>12</b>
Bacia Hidrográfica rio Pirangi.....	12
Microbacia do riacho Água Vermelha.....	13
Macaíba e Parnamirim.....	15
Visitas a campo.....	15
Sistema de Informação Geográfica do riacho Água Vermelha.....	16
Categorias de Uso e Cobertura do solo.....	17
Análises dos dados.....	19
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXOS:.....</b>	<b>33</b>

## INTRODUÇÃO

Os rios desempenharam um papel fundamental ao longo da história da humanidade, contribuindo para o desenvolvimento de civilizações, culturas e economias. Desde os tempos antigos, áreas próximas a rios foram favorecidas pela fertilidade natural, o que incentivou a agricultura e, conseqüentemente, a ocupação humana (VERHOEVEN E SETTER, 2010). Os cursos d'água proporcionam não apenas água potável e alimentos, mas também rotas essenciais de transporte, facilitando o intercâmbio cultural e comercial entre diferentes sociedades (GRIMM et al., 2008). Exemplos notáveis incluem civilizações antigas, como a Mesopotâmia e o Egito, que se desenvolveram ao longo de grandes rios, sustentando suas economias e promovendo inovações tecnológicas e sociais.

O Brasil é um dos países mais abundantes em recursos hídricos no mundo (LIMA, J. E. F. W., 2001). Aqui, rios como o Amazonas e o São Francisco, têm desempenhado papel importantíssimo, sendo essenciais para o desenvolvimento das comunidades locais e para a manutenção da rica biodiversidade que caracteriza o país.

Os corpos d'água são também fundamentais para a provisão de serviços ecossistêmicos, que são os benefícios diretos e indiretos que os ecossistemas oferecem à humanidade (KUMAR, 2010). Cursos d'água em áreas urbanas fornecem serviços essenciais, como regulação climática, purificação da água, recreação e suporte à biodiversidade. Assim, a proteção desses serviços é de vital interesse para a sociedade, uma vez que são bem conhecidas as relações positivas entre biodiversidade e os serviços ecossistêmicos urbanos (UES - Urban Ecosystem Services), demonstrando que a melhoria da infraestrutura verde nas cidades contribui para o aumento da biodiversidade e a ampliação dos UES (SCHWARZ, MORETTI et al., 2017).

Com o crescimento urbano, muitos rios passaram por transformações drásticas que alteraram seu papel nas cidades. A urbanização acelerada transforma drasticamente as paisagens naturais, com impactos significativos nos rios urbanos (BEIßLER e HACK, 2019). A canalização e o represamento de rios tornaram-se comuns, refletindo uma visão utilitarista que os considera obstáculos a serem superados para a expansão das áreas urbanas (EVERARD E MOGGRIDGE, 2012; GURNELL et al., 2007).

Práticas inadequadas, como má drenagem e descarte irregular de resíduos e efluentes, também contribuem para a degradação dos rios e de seu entorno, gerando diversos problemas, como a degradação de habitats aquáticos, a perda de serviços ecossistêmicos e o agravamento de enchentes e poluição. Todos esses problemas contribuem para reduzir a qualidade dos serviços ecossistêmicos por esses ecossistemas. (PAUL; MEYER, 2001; WATSON et al., 2016).

O aumento contínuo no número e na dimensão das áreas urbanas, assim como a crescente demanda por recursos e energia, também representam um grande desafio para garantir o bem-estar humano e a conservação da biodiversidade nas cidades (HAASE, FRANTZESKAKI, ELMQVIST, 2014). À medida que as cidades se expandem, os serviços ecossistêmicos urbanos se tornam cada vez mais limitados, exigindo intervenções mais drásticas (SIEBER E PONS, 2015).

Atualmente, a pesquisa sobre rios urbanos vem crescendo, especialmente após a formulação do conceito de "síndrome do córrego urbano", que quantifica os impactos negativos da urbanização (WALSH et al., 2005). A síndrome do rio urbano é um fenômeno caracterizado por um conjunto de impactos negativos frequentemente observados em rios e córregos que atravessam áreas urbanizadas. Esses impactos incluem alterações no regime hidrológico, como aumento do escoamento superficial e picos de fluxo mais intensos; degradação da qualidade da água devido à presença de poluentes como nutrientes e metais pesados; simplificação física do habitat, resultante de canalizações e da perda de vegetação ripária; e diminuição da diversidade biológica, com predominância de espécies mais tolerantes à poluição (WALSH et al., 2005). Esses efeitos são causados principalmente pela urbanização descontrolada e pela impermeabilização do solo (WALSH et al., 2005).

A falta de atenção à importância dos rios é preocupante, refletindo uma grande indiferença em relação aos recursos naturais. À medida que as cidades se expandem, o valor dos rios como espaços de lazer, áreas verdes e corredores ecológicos é frequentemente negligenciado. No Brasil e no mundo, essa falta de reconhecimento tem consequências negativas para a saúde dos ecossistemas fluviais e para o bem-estar das comunidades próximas aos rios (SMITH; SILVA; BIAGIONI, 2019).

Com a proximidade de áreas de agricultura junto às cidades, temos cada vez mais impactos também na agricultura. O homem modifica a natureza, principalmente com a prática da agricultura e a instalação/expansão das áreas urbanas (MAIA, S. A., WACHHOLZ, F., SANTOS, R. G. D., & JUNIOR, J. C. F., 2015). A agropecuária no Brasil tem uma trajetória marcada por grandes transformações, com o país se tornando um dos maiores produtores agrícolas do mundo, especialmente nas últimas décadas. Um exemplo é o município de Araras/SP onde o uso intensivo do solo, com destaque para culturas como a cana-de-açúcar e a pecuária, que, ao longo do tempo, impactaram negativamente o meio ambiente, especialmente as matas ciliares e os recursos hídricos da região. As matas ciliares, essenciais para a proteção de corpos d'água e a manutenção da biodiversidade, sofrem com o desmatamento e a degradação do solo. Embora o foco do estudo de Quintas (2011) seja o Ribeirão das Furnas, a problemática das matas ciliares e o uso sustentável do solo podem ser observados também em outras regiões do Brasil (FERREIRA, D. A. C., & DIAS, H. C. T., 2004).

A ocupação das zonas ripárias com agricultura no Brasil, especialmente em pequenas propriedades rurais (minifúndios), foi impulsionada por condicionantes históricos e pela busca por áreas com relevo menos acidentado, solo mais fértil e proximidade com fontes de água, o que torna as margens de rios e córregos mais atrativas para cultivos anuais. No entanto, essa prática entra em conflito com a legislação ambiental que protege as matas ciliares, uma vez que a tradição agrícola muitas vezes desrespeita as leis, resultando em degradação ambiental e comprometimento da qualidade da água (MARTINI, L. C. P., & TRENTINI, É. C., 2011).

No Brasil, as margens de rios são protegidas pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.727, de 2012). Em seu artigo 4º são definidas as Áreas de Preservação Permanente (APP), estabelecendo diretrizes fundamentais para a proteção dos recursos hídricos. “As faixas marginais de qualquer curso d’água natural devem ser respeitadas a partir da borda da calha do leito regular, com uma largura mínima de 30 metros para cursos d’água com menos de 10 metros de largura”. Recentemente um pouco mais tarde, o Código Florestal Brasileiro foi alterado para adaptar algumas regras para áreas urbanas consolidadas (Lei nº 14.285, de 2021). “Fica permitido, em áreas urbanas consolidadas, que as leis municipais estabeleçam faixas marginais distintas, respeitando diretrizes, como a não ocupação de áreas com risco de desastres e a observância de planos de recursos hídricos” (Lei nº 14.285, de 2021). Essas leis refletem a necessidade de equilibrar desenvolvimento urbano e conservação ambiental, garantindo tanto proteção dos recursos naturais quanto a segurança da população.

No Rio Grande do Norte o riacho Água Vermelha (Parnamirim, RN) enfrenta sérios problemas de poluição e assoreamento, resultado do crescimento urbano desordenado e da ausência de políticas públicas adequadas (Figura 1). A urbanização descontrolada, o lançamento efluentes in natura e o acúmulo de resíduos sólidos comprometem a qualidade da água e a biodiversidade local, além de aumentar o risco de cheias durante períodos de chuva intensa. Além disso, a pressão das atividades agrícolas e urbanas afeta as margens e as áreas ciliares, prejudicando os ecossistemas aquáticos. Embora a agricultura em Parnamirim seja de baixa intensidade, os impactos são evidentes. A degradação do riacho Água Vermelha impacta tanto a biodiversidade local quanto a qualidade de vida dos moradores, que dependem desse recurso hídrico para diversas atividades cotidianas (TORRECUSO, 2022). Portanto, a revitalização e a valorização dos rios urbanos, como o riacho Água Vermelha, são essenciais. A recuperação desses ambientes pode oferecer soluções sustentáveis para os desafios urbanos contemporâneos, incluindo a mitigação de enchentes e a promoção da saúde pública (CARNEIRO et al., 2008).

As políticas públicas para o desenvolvimento da região de Parnamirim apresentam uma abordagem contraditória em relação à proteção dos rios. Embora algumas

iniciativas busquem preservar os recursos hídricos, mudanças na legislação têm flexibilizado a conservação. Em novembro de 2021, a Lei Complementar N° 196/2021 alterou o Plano Diretor do município, retirando o trecho do Riacho Água Vermelha entre a BR 101 e o município de Macaíba da Zona de Proteção Ambiental (ZPA) I e da Área Especial de Interesse Ambiental (AEIA) II. Com essa mudança, a área passa a ser regida pelo Código Florestal Brasileiro, que determina uma faixa de proteção de apenas 30 metros para cursos d'água com menos de 10 metros de largura, ao invés em vez dos 60 metros anteriores destinados à proteção do ecossistema ribeirinho e da mata ciliar

O presente estudo teve como objetivo analisar a cobertura e o uso do solo em diferentes distâncias do riacho Água Vermelha, considerando as faixas de 30m, 60m, 100m, 120m, 300m, 500m e toda microbacia. Buscamos compreender como diferentes classes de cobertura e uso do solo estão distribuídas conforme nos afastamos do riacho Água Vermelha, permitindo verificar como as atividades humanas, como a agricultura, a urbanização e a exploração de recursos naturais, podem influenciar diretamente a qualidade da água e o equilíbrio ecológico da microbacia.

## **MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

#### **Bacia Hidrográfica rio Pirangi**

Uma bacia hidrográfica é uma unidade de drenagem, definida como uma área geográfica limitada por divisores de água, onde as águas pluviais, através do processo de escoamento superficial, se acumulam e se dirigem para um ponto de saída comum, geralmente um curso d'água, como um rio, ou uma área de drenagem específica. Ela é caracterizada pela interdependência entre os elementos naturais do ciclo hidrológico, como precipitação, evaporação e infiltração, e pelas características geomorfológicas da região, incluindo o relevo, o uso do solo e os fatores climáticos (FAUSTINO, 1996).

O estado do Rio Grande do Norte possui 14 bacias hidrográficas, sendo duas de longo curso, Apodi/Mossoró e Piranhas/Açú, que juntas cobrem cerca de 80% do estado. As demais bacias são de médio e pequeno curso (NATAL, 2010).

A Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi está situada na região litorânea oriental do Rio Grande do Norte, abrangendo uma área de aproximadamente 458 km<sup>2</sup>, o que corresponde a cerca de 0,9% do território do estado. Segundo a Secretaria de Estado de Recursos Hídricos - SERHID (IGARN, 2010), a bacia abrange os municípios de Parnamirim, São José de Mipibu, Vera Cruz, Nísia Floresta, Macaíba

e Natal. Ela é formada pelos rios Pitimbu, Pium e Pirangi, além dos riachos Taborda e Água Vermelha.

Do ponto de vista geológico, o embasamento da bacia é predominantemente composto por sedimentos quaternários e terciários do Grupo Barreiras (IGARN, 2010), o que define suas características geomorfológicas e influencia o regime hidrológico da região.

Esta bacia situa-se quase integralmente na unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros, de relevo tabular amplo e pouco dissecado. Apenas duas estreitas faixas, junto à foz do rio principal, são constituídas por relevo de dunas fixas, fazendo parte da unidade Faixa Litorânea (IGARN, 2010).

### **Microbacia do riacho Água Vermelha**

Uma microbacia é uma subdivisão de uma bacia hidrográfica, representando uma área de drenagem menor, geralmente associada a um pequeno córrego ou riacho. A microbacia tem toda sua área drenada diretamente para o curso principal de uma sub-bacia, e várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km<sup>2</sup> (FAUSTINO, 1996). Essas áreas possuem características específicas que influenciam diretamente o comportamento dos recursos hídricos, como o regime de escoamento e a qualidade da água. Além disso, outro conceito importante atribuído à microbacia é o ecológico, que a considera como a menor unidade de ecossistema onde se observa a delicada interdependência entre fatores bióticos e abióticos, sendo que perturbações podem comprometer a dinâmica de seu funcionamento (MOSCA, 2003; LEONARDO, 2003).

Com uma área aproximada de 28.5 km<sup>2</sup>, a microbacia que comporta o riacho Água Vermelha está situada no nordeste brasileiro, no estado do Rio Grande do Norte, e percorre os municípios de Macaíba e Parnamirim (Figura 1). O riacho pertence à bacia hidrográfica do rio Pirangi. A região da sua nascente encontra-se em Macaíba, nas coordenadas -5.949869 S, -35.326369 W, aproximadamente (Figura 2.). o riacho possui uma extensão de 11 km (Figura 2). Em dois terços de sua extensão percorre o município de Parnamirim.

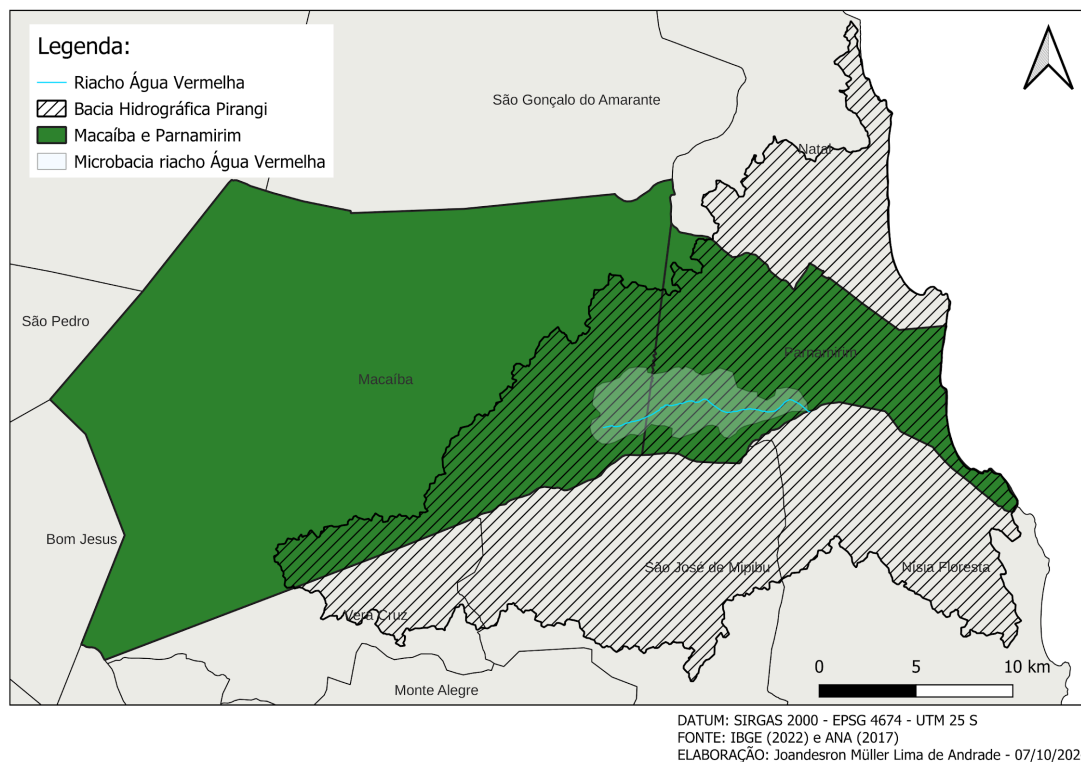


Figura 1: Localização do Riacho Água vermelha em relação ao estado do Rio Grande do Norte, destacando sua localização nos municípios de Macaíba e Parnamirim. Além disso, é mostrada a microbacia do Riacho Água Vermelha, que se insere na bacia hidrográfica do rio Pirangi. Fontes: IBGE (2022), ANA (2012), DINIT (2020)

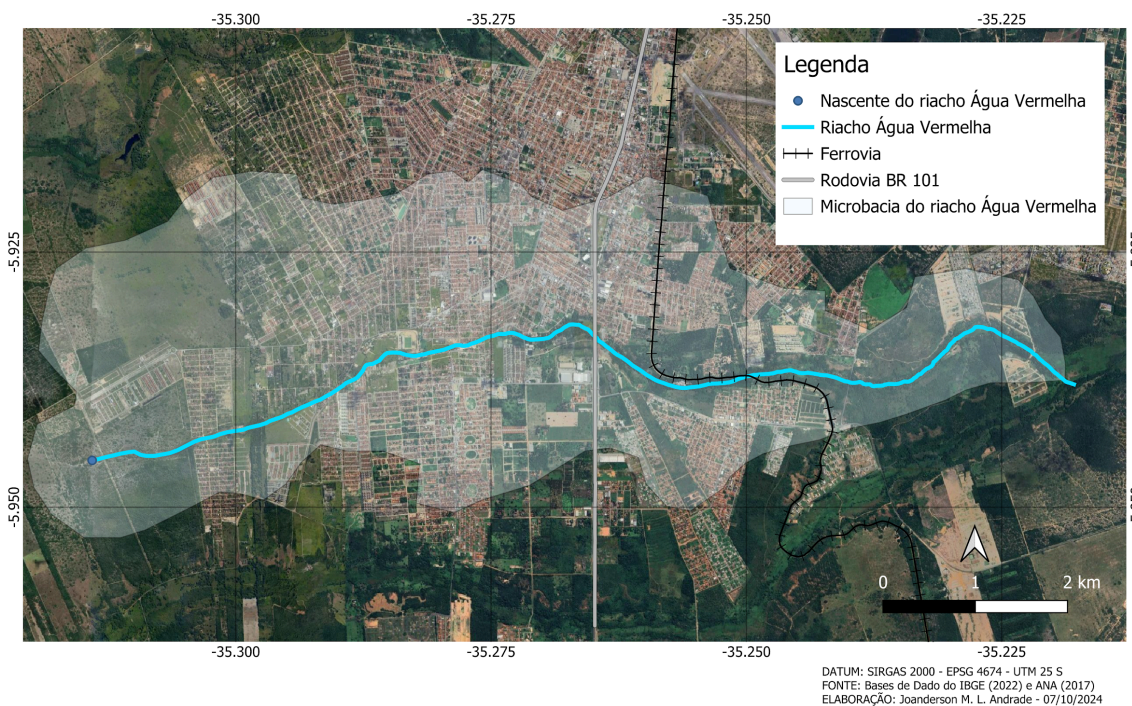


Figura 2: Microbacia do Riacho Água Vermelha, com um fundo de imagem de satélite que ilustra o uso e a ocupação do solo na área. Fontes: Google Earth (2024), IBGE (2022), ANA (2012).

O riacho Água Vermelha deságua no rio Taborda, que se junta ao rio Pitimbu, seguindo até o rio Pirangi e, finalmente, desaguando no mar pela praia de Pirangi do Sul, no município de Parnamirim/RN.

### **Macaíba e Parnamirim**

O município de Parnamirim, com uma área territorial de 124.006 km<sup>2</sup> e uma população de 252.716 habitantes (IBGE 2022), possui uma área urbanizada de 49.47 km<sup>2</sup> (IBGE 2019). Macaíba, por sua vez, tem uma área territorial de 510.096 km<sup>2</sup>, uma população de 82.849 habitantes (IBGE 2022) e uma área urbanizada de 32.78 km<sup>2</sup> (IBGE 2019).

O clima da região, conforme a classificação de Köppen e Geiger, é do tipo As' — quente e úmido. Esse clima é caracterizado por duas estações bem definidas: uma estação seca, de setembro a fevereiro, e outra chuvosa entre março e agosto. Segundo a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), o mês com maior número de dias chuvosos é abril, e o mês com menor incidência de chuvas é outubro. De um modo geral, as chuvas anuais médias de longo período decrescem do litoral para o interior, passando de cerca de 1.300 mm na foz para 900 mm nas cabeceiras (IGARN, 2010).

A região costeira, onde estão situados Macaíba e Parnamirim, é caracterizada por Mata Atlântica, com áreas de restinga e manguezais (NATAL, 2010), enquanto a vegetação predominante do Rio Grande do Norte é composta principalmente por Caatinga, que cobre cerca de 80% do estado.

A área de estudo está inserida no bioma da Mata Atlântica. A vegetação da bacia hidrográfica é composta por um estrato arbóreo alto e perenifólio, com árvores de folhas largas e troncos relativamente delgados (obs. pess.). A densidade da vegetação cria um ambiente sombreado. Ainda é possível encontrar trechos remanescentes de mata ciliar ao longo das margens do riacho, embora haja áreas com vegetação rasteira, resultado do desmatamento da cobertura vegetal original para fins de comercialização de loteamentos residenciais (obs. pess.).

### **Visitas a campo**

Foram realizadas visitas a campo, juntamente com a Defesa Civil do município de Parnamirim. As saídas de campo foram direcionadas à área de estudo em pontos específicos para reconhecimento e validação das informações obtidas nas imagens. Durante essa etapa, foram observadas as condições do riacho e sua mata ciliar, assim como conhecer o uso do solo nos trechos visitados.

Foram realizadas três visitas em pontos diferentes do riacho, nos dias 03/04/2024, 21/06/2024 e 19/09/2024 e foram registrados as imagens do local. (Anexo 3).

## Sistema de Informação Geográfica do riacho Água Vermelha

O mapa digital do riacho Água Vermelha foi gerado no software Qgis versão 3.34.10 Prizen. Para o mapa digital foram usados o shapefile do ano de 2022 do Brasil (IBGE, 2022), os shapes dos cursos d'água de das bacias hidrográficas do Brasil do ano de 2012 (ANA, 2012), assim como os shapefile das malhas férreas (DNIT, 2020) e rodoviárias do Brasil (DNIT, 2022). Com o mapa montado, foram criados "buffers", áreas em torno do riacho, com diferentes distâncias: 30m, 60m, 100m, 120m, 300m, 500 metros, tendo como objetivo, verificar o tipo e cobertura e uso do solo em diferentes distâncias do riacho (Figura 4) Essas distâncias foram escolhidas para representar diferentes zonas de influência do uso do solo sobre o riacho Água Vermelha, considerando as exigências do Código Florestal Brasileiro, e o Plano Diretor do município de Parnamirim com a necessidade de entender o impacto do uso do solo em áreas mais distantes do corpo d'água. A análise dessas faixas possibilita uma visão detalhada sobre a distribuição da cobertura do solo, facilitando a identificação de áreas críticas para a conservação ambiental e a implementação de políticas públicas para proteção e uso sustentável do solo. As faixas de 30m, 100m e 500m estão de acordo com as exigências do Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), que define a largura mínima das Áreas de Preservação Permanente (APP) para cursos d'água. A faixa de 60m, por sua vez, é estabelecida no Plano Diretor de Parnamirim, que determina uma área de proteção para as zonas urbanas e rurais próximas aos cursos d'água. Já as distâncias de 120m, 300m e o limite da microbacia foram determinadas com base na ampliação das áreas de 60 metros previstas no Plano Diretor, visando abranger regiões intermediárias das distâncias estabelecidas pelo Código Florestal Brasileiro.

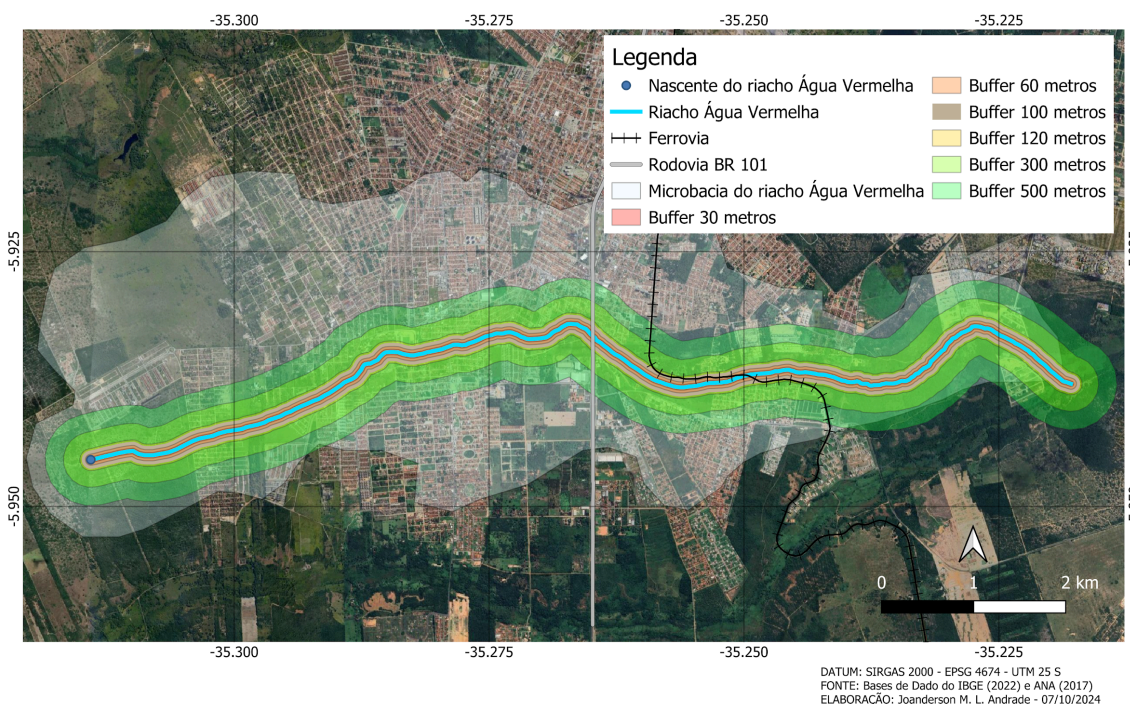


Figura 4: Localização dos buffers em torno do Riacho Água Vermelha. Fontes: Google Earth (2024), IBGE (2022), ANA (2012), DNIT (2020 e 2022).

## **Categorias de Uso e Cobertura do solo**

A classificação do uso e cobertura do solo foi obtida do projeto Mapbiomas 2022 (SOUZA ET AL. 2020). A imagem usada é um raster com células (pixels) de 30 m x 30 m, contabilizando 900 m<sup>2</sup>. “O Projeto MapBiomas é uma iniciativa brasileira que utiliza imagens de satélite e tecnologia de processamento de dados geoespaciais para mapear a ocupação e uso do solo no Brasil desde 1985. Seu objetivo é fornecer informações detalhadas sobre a dinâmica das paisagens, monitorando mudanças no uso do solo, como a conversão de vegetação nativa em áreas agrícolas, urbanas ou pastagens. O projeto oferece serviços como o mapeamento de uso e cobertura do solo, análise de mudanças ao longo do tempo, e ferramentas de visualização interativa para apoiar a tomada de decisão em áreas como gestão ambiental, planejamento territorial, conservação da biodiversidade e políticas públicas. Com esses dados, o projeto MapBiomas contribui para o monitoramento sustentável dos recursos naturais e o planejamento ambiental no país. (SOUZA ET AL. 2020)

Os tipos de cobertura do solo foram classificados levando em consideração as características naturais e as atividades humanas presentes. Esse conceito envolve a identificação e categorização de tipos de cobertura, como vegetação nativa, áreas agrícolas, pastagens, áreas urbanizadas, corpos d'água, entre outros.

Foram utilizadas as legendas e cores disponibilizadas pelo projeto MapBiomas para facilitar a visualização e padronizar as tabelas. O código de legenda utilizado foi a coleção 8 (Anexo 1). A legenda inclui diferentes categorias de uso e cobertura do solo. Essa padronização permite uma interpretação mais clara dos dados e facilita comparações entre as diferentes áreas analisadas.

As categorias de uso do solo, conforme a legenda do projeto MapBiomas, ajudam a identificar a distribuição e a dinâmica da cobertura vegetal nas regiões estudadas, permitindo uma análise mais aprofundada sobre as mudanças no uso da terra ao longo do tempo.

Nos municípios de Macaíba e Parnamirim foram encontrados 18 tipos de cobertura e uso do solo (tabela 1).

Tabela 1: Tipos de uso e cobertura do solo observado nos municípios de Macaíba e Parnamirim (RN), separado por código, tipo de cobertura e categoria de acordo com o projeto Mapbiomas.

<b>Código</b>	<b>Tipo de Cobertura</b>	<b>Categoria</b>
3	Formação Florestal	Floresta
4	Formação Savânica	Floresta
5	Mangue	Floresta
11	Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Natural Não Florestal
12	Formação Campestre	Formação Natural Não Florestal
13	Outras Formações Não Florestais	Formação Natural Não Florestal
15	Pastagem	Agropecuária
20	Cana	Agropecuária
21	Mosaico de Uso	Agropecuária
23	Praia, Duan e Areal	Área Não Vegetada
24	Área Urbanizada	Área Não Vegetada
25	Outras Área Não Vegetadas	Área Não Vegetada
31	Aquicultura	Corpo D'água
33	Rio, Lago e Oceano	Corpo D'água
41	Outras Lavouras Temporárias	Agropecuária
48	Outras Lavouras Perenes	Agropecuária
49	Restinga Arbórea	Floresta
50	Restinga Herbácea	Formação Natural Não Florestal

Dos 18 tipos de cobertura e uso do solo inicialmente observados, apenas 9 foram observados nos limites da microbacia do riacho água vermelha.

Entre as formações florestais, destacam-se a *Formação Florestal* e a *Formação Savânica*, que são áreas de floresta. Além disso, há a *Formação Campestre*, uma formação natural não florestal. No uso agropecuário, estão presentes a *Pastagem*, voltada para a pecuária, o *Mosaico de Uso*, que combina diferentes atividades agropecuárias, e as *Outras Lavouras Temporárias*, relacionadas ao cultivo de produtos sazonais. As áreas urbanizadas são representadas pela *Área Urbanizada*, que inclui terrenos ocupados por construções e infraestrutura. Também existem as *Outras Áreas Não Vegetadas*, que são áreas sem cobertura vegetal, além do *Rio, Lago e Oceano*, que são predominantemente as águas do riacho Água Vermelha.

Essas diferentes categorias refletem as variadas formas de uso e ocupação do solo em torno do riacho.

Em seguida, foram agrupados todos os tipos de cobertura e uso do solo em 5 classes gerais de acordo com o código de legenda coleção 8 do Mapbiomas de 2022 (Anexo 2). Desta forma, foram comparadas 5 classes entre as classes de distância do riacho (posteriormente a classe “água” foi descartada por ter uma área muito pequena (ver análise dos dados).

- **Florestas** - Foram agrupados os tipos de cobertura e uso do solo de Formação Florestal, Formação Savânica.
- **Formação Natural Não Florestal** - representado por Formação campestre.
- **Agropecuária** - Foram agrupados os tipos de cobertura e uso do solo de Pastagem, Mosaico de Usos e Outras Lavouras Temporárias.
- **Área Não vegetada** - Foram agrupados os tipos de cobertura e uso do solo de Área Urbanizada e Outras Áreas Não Vegetadas.
- **Água** - Que é, predominantemente, o riacho Água Vermelha.

### Análises dos dados

Inicialmente, foram analisadas as áreas no entorno do riacho (“buffers”) com distâncias de 30m, 60m, 100m, 120m, 300m e 500m, além das áreas da microbacia,. Para tal, foi utilizada a unidade de medida "células", empregando a ferramenta r.report do pacote GRASS 7, que retorna o número de células de cada cobertura em cada “buffer”. Como as áreas internas de cada “buffer” são aninhadas, foram criadas classes de distância do riacho, para evitar a duplicação de dados nas análises. As classes de distância foram 0-30m, 31-60m, 61-100m, 101-120m, 121-300m, 301-500m e 501m-microbacia. (Anexo 1). Não foram analisados os dados da bacia Pirangi e de Macamirim (Macaíba + Parnamirim). As áreas foram convertidas em hectares.

Para as análises de cobertura e uso do solo foram realizadas com base em quatro classes agrupadas, excluindo-se as categorias relacionadas a **Rios, Lagos e Oceanos** porque a presença desse tipo de cobertura é quase nula, pois nem sempre o curso d’água é visível no riacho Água Vermelha.

As classes foram agrupadas em: **Florestas; Formação Natural Não Florestal; Agropecuária; e Área Não Vegetada.**

Essa abordagem permitiu uma análise mais simplificada e focada, facilitando a compreensão das interações entre o uso do solo e o ambiente ao longo das diferentes distâncias do riacho Água Vermelha.

Para testar as diferentes coberturas, de forma Agrupada, do solo nas faixas de distância do riacho, foi utilizado o teste de qui-quadrado de Pearson.

#### Teste de qui-quadrado de Pearson

$$X^2 = \sum(O_i - E_i)^2 / E_i$$

Este teste foi realizado com um valor p simulado, utilizando 2000 simulações para garantir maior robustez aos resultados. A análise foi conduzida no software R, com a função apropriada para calcular os valores de qui-quadrado, e os testes foram realizados levando em consideração as contagens observadas e esperadas nas diferentes categorias de uso do solo. Para cada comparação, a significância estatística foi avaliada com base no valor p obtido nas simulações, considerando um nível de significância de 5%. Para facilitar a interpretação do resultado, foi elaborado um plot de correlação, no programa R, que visualiza claramente as discrepâncias entre valores observados e esperados. Essa figura permite uma visualização mais intuitiva e compreensível dos resultados, destacando os pontos críticos que contribuem para as variações observadas.

## RESULTADOS

Na região da microbacia do riacho Água Vermelha, foram observadas nove classes de cobertura e uso do solo (Tabela 2). A maior parte da área é ocupada por áreas urbanizadas, que representam 64,4% da cobertura total da microbacia, destacando-se significativamente em comparação com outras classes. Esse dado indica um processo de urbanização intensa na região, possivelmente relacionado ao crescimento populacional e à expansão de infraestrutura. Em seguida, o mosaico de uso aparece como a segunda maior cobertura, com 24,9% da área da microbacia, refletindo uma combinação de diferentes tipos de uso do solo, como agricultura familiar. Outras classes de uso do solo têm representações bem menores na microbacia. A floresta, tem uma presença reduzida, com apenas 2,5% da área na microbacia, indicando uma perda de áreas naturais em favor da urbanização e outros usos do solo. As coberturas menos representativas são formação savânica, com 1,8%, e as áreas de pastagem, com 0,2% da cobertura da microbacia.

Além disso, as classes “outras áreas não vegetadas” (0,8%) e “lavouras temporárias” (5,2%) aparecem de forma menos representativa, mas ainda assim evidenciam atividades agrícolas e uso de áreas para cultivo temporário. Esse perfil de cobertura e uso do solo na microbacia do riacho Água Vermelha evidencia uma urbanização avançada e um uso diversificado da terra, com uma clara tendência à substituição de áreas naturais por espaços urbanos e agrícolas, refletindo mudanças significativas no ambiente local.

Tabela 2. Cobertura e uso do solo (nove classes de cobertura) por hectares em cada classe de distância do riacho Água Vermelha e porcentagens para cada tipo de cobertura e uso do solo.

Tipo de cobertura	0-30m (ha)	31-60m (ha)	61-100m (ha)	101-120m (ha)	121-300m (ha)	301-500m (ha)	501m - microbacia (ha)
<b>Floresta</b>	<b>37.800</b> (53.4%)	<b>32.040</b> (44.6%)	<b>26.730</b> (27.8%)	<b>7.920</b> (15.6%)	<b>55.710</b> (12.9%)	<b>76.050</b> (15.4%)	<b>40.950</b> (2.5%)
<b>Savana</b>	<b>1.440</b> (2%)	<b>2.790</b> (3.9%)	<b>7.650</b> (8.5%)	<b>4.320</b> (5.6%)	<b>28.710</b> (6.7%)	<b>18.810</b> (3.8%)	<b>28.980</b> (1.8%)
<b>Campestre</b>	<b>3.060</b> (4.3%)	<b>1.170</b> (1.6%)	<b>1.080</b> (0.5%)	<b>0.270</b> (1.9%)	<b>6.120</b> (1.4%)	<b>3.150</b> (0.6%)	<b>3.600</b> (0.2%)
<b>Pastagem</b>	<b>1.080</b> (1.5)	<b>1.080</b> (1.5%)	<b>1.800</b> (1.4%)	<b>0.720</b> (1.6%)	<b>1.620</b> (0.4%)	-	<b>2.970</b> (0.2%)
<b>Mosaico de Uso</b>	<b>20.700</b> (29.2%)	<b>26.190</b> (36.4%)	<b>43.200</b> (46.8%)	<b>23.760</b> (39.3%)	<b>141.930</b> (32.9%)	<b>130.590</b> (26.5%)	<b>408.510</b> (24.9%)
<b>Área Urbanizada</b>	<b>5.310</b> (7.5%)	<b>7.920</b> (11%)	<b>13.950</b> (24.3%)	<b>12.330</b> (16.6%)	<b>182.340</b> (42.3%)	<b>251.910</b> (51.1%)	<b>1054.530</b> (64.4%)
<b>Outras Áreas Não Vegetadas</b>	<b>0.540</b> (0.8%)	<b>0.540</b> (0.8%)	<b>1.620</b> (2.8%)	<b>1.440</b> (1.4%)	<b>14.940</b> (3.5%)	<b>11.790</b> (2.4%)	<b>12.600</b> (0.8%)
<b>Rios, Lagos e Oceanos</b>	<b>0.900</b> (1.3%)	<b>0.180</b> (0.2%)	-	-	-	-	-
<b>Outras Lavouras Temporárias</b>	-	-	-	-	-	<b>0.630</b> (0.1%)	<b>85.590</b> (5.2%)
<b>Total</b>	<b>70.830</b>	<b>71.910</b>	<b>96.030</b>	<b>50.760</b>	<b>431.370</b>	<b>492.930</b>	<b>1637.730</b>

O uso do solo próximo ao riacho nas classes de 0-30 é predominantemente caracterizado por áreas naturais, como formação florestal chegando a 55.4% (Floresta + Savana). À medida que a distância do riacho aumenta, especialmente nas classes de 31-60, 61-100 e 101-120 metros, o mosaico de uso se torna mais proeminente, com a transição da floresta para a agropecuária familiar, chegando a 46.8% da área. Nas classes de 121-300m e 301-500 metros, há uma drástica mudança no tipo de cobertura e uso do solo, onde a urbanização passou a ser a classe mais abundante, ocupando uma fração de 51.1% na classe de 301-500 metros. Esse padrão indica uma clara transição entre áreas naturais e urbanas, com o impacto das atividades humanas crescendo à medida que nos afastamos do rio (Figuras 5).

Enquanto as áreas naturais (florestais, savânicas e campestres) dominam nas proximidades do riacho, sua representatividade diminui conforme o ambiente é

alterado pelo homem com o aumento do impacto no uso do solo, refletindo um padrão de antropização crescente, com destaque para o mosaico de usos e áreas urbanizadas nas classes mais distantes do riacho. Isso pode ser melhor visto em um gráfico de pizza e com as classes agrupadas (Figuras 6). Esse panorama destaca a transição dinâmica entre áreas naturais e urbanizadas, evidenciando o impacto humano crescente à medida que se amplia a distância a partir do riacho.

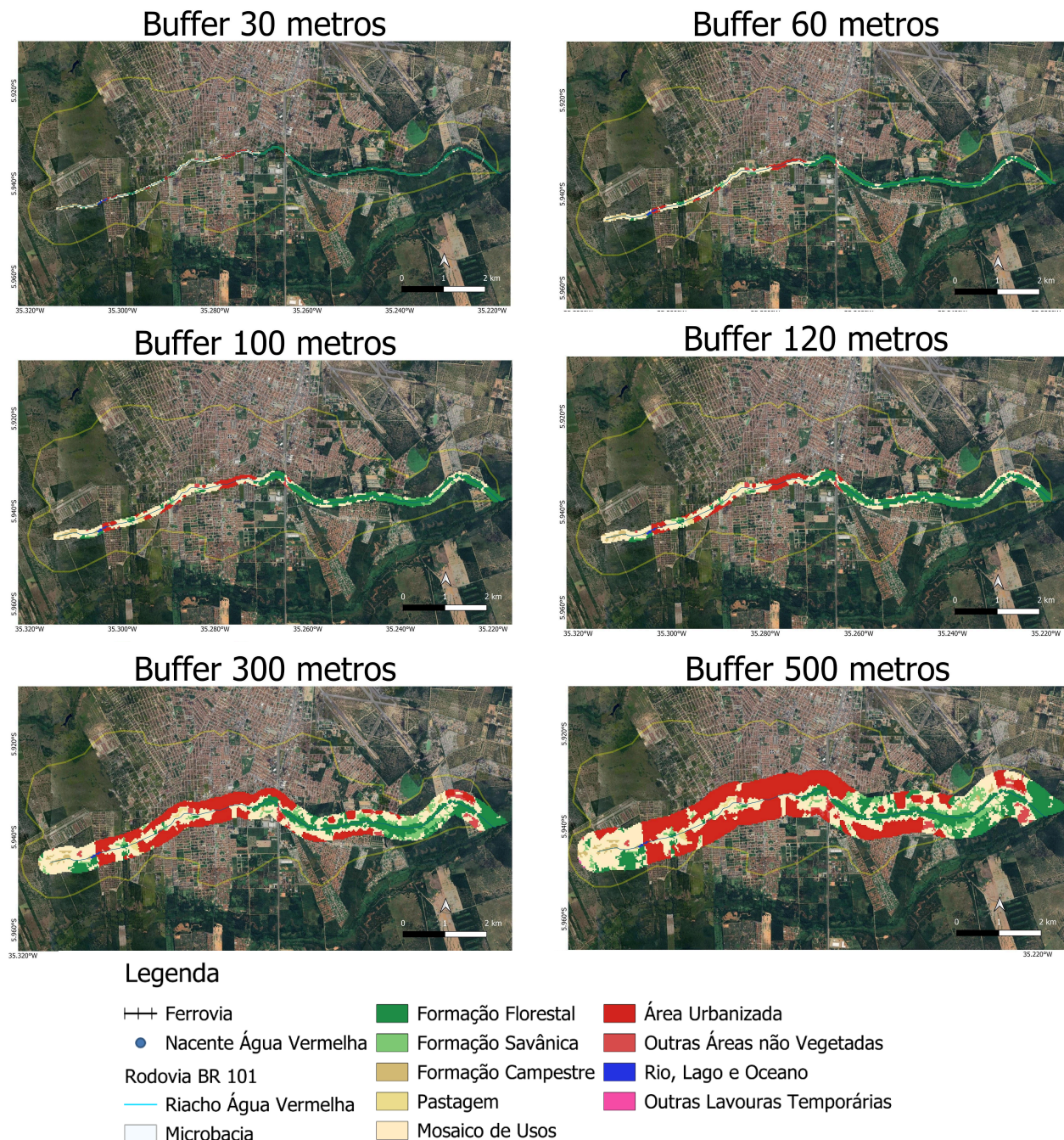


Figura 5: Buffers com a distribuição da cobertura e uso do solo em torno do riacho. Fonte: Google Earth (2024), IBGE (2022), ANA (2012), MAPBIOMAS (2022), DNIT (2020 e 2022). (9 classes)

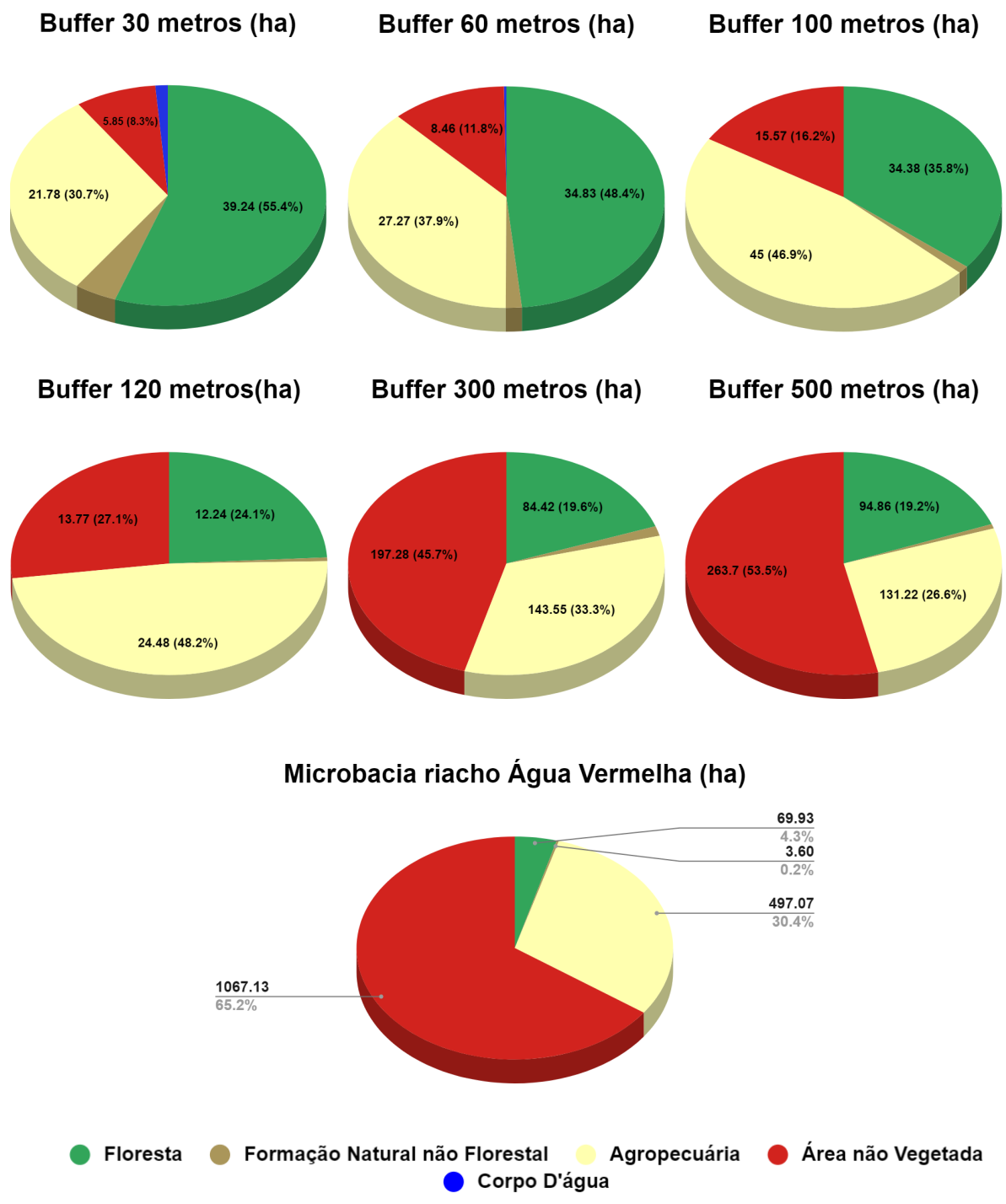


Figura 6: Proporções de cobertura e uso do solo de forma agrupada (cinco classes) conforme o projeto Mapbiomas 2022.

A cobertura e uso do solo no entorno do riacho Água Vermelha muda conforme se distancia do riacho em direção à microbasia ( $\chi^2 = 504.11$ ,  $df = NA$ ,  $p = 0.0004998$ ; Tabela 3).

Tabela 3: Cobertura e uso do solo agrupado em 4 grupos maiores. A classe *Rio, Lago e Oceano* não foi utilizada nesta análise porque a água presente é do próprio curso do riacho Água Vermelha, não influenciando no resultado (ver métodos). Dados observados em hectares.

<b>Tipo de Cobertura</b>	<b>0-30m</b>	<b>31-60m</b>	<b>61-100m</b>	<b>101-120m</b>	<b>121-300m</b>	<b>301-500m</b>	<b>500m - microbacia</b>
<b>Agropecuária</b>	21.780	27.270	45.000	24.480	143.550	131.220	497.070
<b>Área Não Vegetada</b>	5.850	8.460	15.570	13.770	197.280	263.700	1067.130
<b>Floresta</b>	39.240	34.830	34.380	12.240	84.420	94.860	69.930
<b>Área Natural Não Florestal</b>	3.060	1.170	1.080	0.270	6.120	3.150	3.600

A visualização do resultado pelo plot de correlação (Figura 7) não apenas facilita a análise dos dados, mas também evidencia de maneira eficaz as contribuições tanto positivas quanto negativas em cada classe de cobertura do solo, em diferentes distâncias do riacho. No gráfico, a cor dos pontos geralmente é usada para indicar o tipo de correlação: a cor azul indica uma correlação positiva forte, enquanto a cor vermelha indica uma correlação negativa forte. Tamanhos maiores dos pontos representam uma maior intensidade de correlação.

Na classe de 0 a 30 metros, foi observada uma cobertura predominantemente do tipo Floresta, acima do valor esperado. Isso indica que, ao longo dessa faixa de proximidade ao riacho, há uma maior presença de vegetação nativa, como florestas e savanas, do que o esperado, o que pode ser um indicativo de áreas de preservação ou de uso sustentável do solo nas proximidades do corpo d'água. Em contrapartida, a cobertura do tipo Não Vegetado, que inclui áreas urbanizadas e outras regiões sem vegetação, foi observada em menor quantidade do que o esperado. Essa observação sugere que, apesar da proximidade do riacho, as áreas de vegetação nativa ainda predominam, possivelmente devido à presença de Áreas de Preservação Permanente (APPs), que exigem a manutenção de vegetação ao longo dos rios.

Por outro lado, ao se analisar a microbacia como um todo, a distribuição das classes de cobertura foi inversa: a presença de Áreas Não Vegetadas foi superior ao que era esperado, enquanto a cobertura do tipo Floresta apareceu em menor proporção. Isso pode ser explicado pelo impacto das atividades humanas em áreas mais distantes do riacho, onde o uso do solo para urbanização e agricultura é mais intenso, resultando em uma maior quantidade de áreas desprovidas de vegetação, como áreas urbanas e terrenos agrícolas.

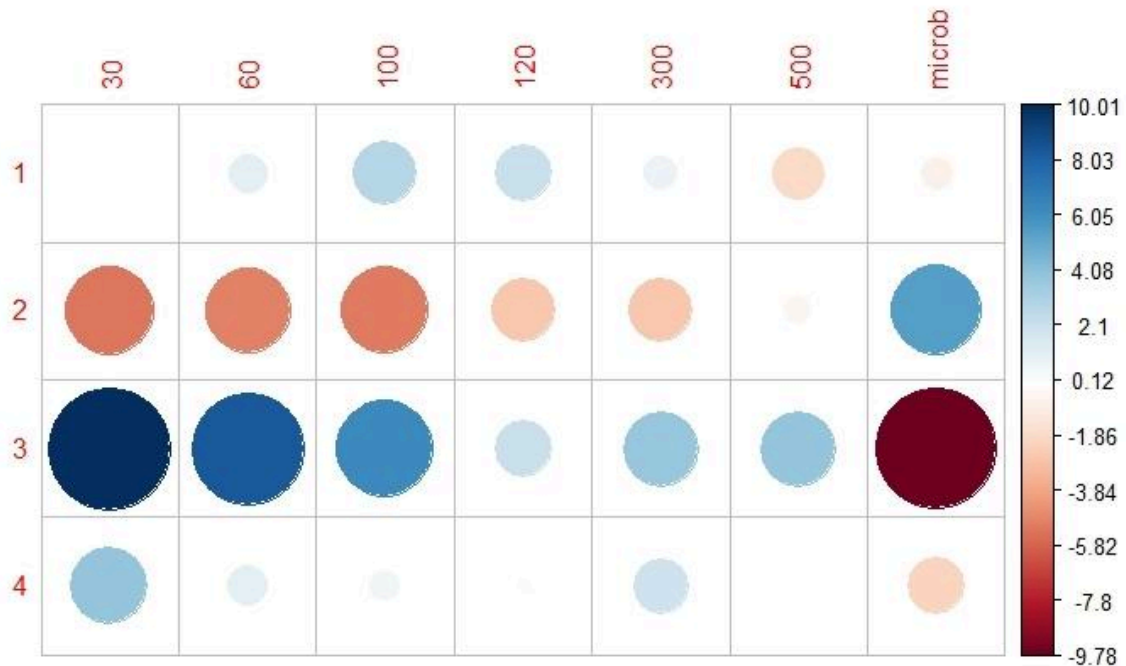


Figura 7: Plot de Correlação dos dados observados, destacam-se duas características principais: o tamanho das manchas e tonalidade das cores. A mancha de maior tamanho, indica uma forte influência e as manchas menores indicam uma fraca influência. A cor azul indica influências positivas, e a vermelha indica influência negativa, variando de tonalidade do escuro a muita influência e do claro pouca influência. 1 Agropecuária; 2 Área Não Vegetada; 3 Floresta e 4 Área Natural Não Florestal.

Portanto, ao analisar o gráfico de correlação de Pearson, podemos entender não apenas a direção (positiva ou negativa) da relação entre as variáveis, mas também a força dessa relação e como as variáveis estão interconectadas ao longo das diferentes distâncias do riacho e da microbacia. A interpretação desses padrões ajuda a compreender como as mudanças no uso do solo estão influenciando a cobertura vegetal na área de estudo.

## DISCUSSÃO

A análise da cobertura e uso do solo nas proximidades do Riacho Água Vermelha revela um padrão de transformação significativo à medida que a distância do curso d'água aumenta. Essa alteração não só reflete as mudanças naturais no ecossistema, mas também as pressões humanas e as atividades econômicas que influenciam diretamente a área. A vegetação ciliar, essencial para a proteção do riacho e manutenção da qualidade da água, ainda desempenha um papel importante nas áreas mais próximas ao corpo d'água. Contudo, à medida que nos afastamos do riacho, é evidente a expansão das atividades agrícolas (familiar) e urbanização de maneira acelerada, que alteram de forma significativa o uso do solo e comprometem a eficácia da preservação ambiental em torno do riacho.

A cobertura e uso do solo apresenta uma significativa alteração conforme se afasta do riacho Água Vermelha. Até 60m de distância do riacho, a cobertura predominante é do tipo floresta, sugerindo que, em áreas mais próximas ao curso d'água, há vegetação arbórea. Essa observação mostra que ainda existem árvores no entorno do riacho Água Vermelha. Mesmo que pouco, a importância da mata ciliar em torno do riacho, atua na manutenção de ecossistemas florestais, como barreiras naturais para a proteção ambiental, mas a mata ciliar ideal deve estar no mínimo dentro dos padrões do Código Florestal

Observamos que a vegetação arbórea nas margens do riacho não é contínua: de um lado, da BR 101 em direção a Macaíba, a vegetação é mais escassa, em comparação com a direção contrária, em direção a Parnamirim. Essa discrepância indica que, mesmo dentro dos limites legais de 30m de mata ciliar, a vegetação está mal distribuída, comprometendo a eficácia da proteção do riacho.

À medida que a distância do riacho aumenta, observa-se uma alteração no uso do solo. Nas duas classes subsequentes (61 a 120m), a atividade agrícola (na forma de mosaico de usos, isto é, agricultura de pequeno porte, familiar) torna-se a cobertura dominante, possivelmente em razão da pressão econômica para o uso da terra em áreas menos protegidas. Essas áreas, ainda próximas aos recursos hídricos, oferecem vantagens para a prática agrícola de pequeno porte, mas sem as restrições ambientais das zonas mais próximas ao riacho. Nas classes de distâncias 121-300m, 301-500m e 501m-limite da microbacia do riacho Água Vermelha, a urbanização se torna o tipo de cobertura predominante com percentagem de 45.7%, 53.5% e 65.2% respectivamente, superando a cobertura florestal com percentagem de aproximadamente 50% na classe de 501 a microbacia do riacho Água Vermelha.

Essas observações ressaltam o impacto das atividades humanas sobre o uso do solo à medida que nos afastamos do riacho, revelando uma tendência de expansão urbana em detrimento das formações naturais. A significativa redução da cobertura florestal, que cede espaço primeiro para cobertura do tipo agropecuária e, posteriormente, para a urbanização, destaca a crescente pressão antrópica sobre o ambiente.

Grande parte do riacho Água Vermelha se encontra no município de Parnamirim (RN), que ainda tem problemas urbanísticos importantes. Segundo o IBGE, no município de Parnamirim (RN), 56,5% dos domicílios possuem esgotamento sanitário adequado, enquanto 38,4% dos domicílios urbanos em vias públicas contam com arborização e apenas 11,5% possuem urbanização adequada, que inclui bueiros, calçadas, pavimentação e meio-fio. No ranking estadual, o município ocupa a 33ª posição em esgotamento sanitário, a 152ª em arborização e a 16ª em urbanização. Já no cenário nacional, sua classificação é a 1964ª posição em esgotamento sanitário, a 4583ª em arborização e a 2631ª em urbanização. (IBGE, 2019).

A expansão antrópica tem causado sérios impactos ambientais em outras bacias hidrográficas no Brasil e no mundo devido à "síndrome do córrego urbano", termo usado para quantificar os impactos negativos da urbanização (WALSH et al., 2005). O conceito de "síndrome do córrego urbano", desenvolvido por Walsh (2005), descreve os impactos ambientais e ecológicos que ocorrem quando um curso d'água, especialmente em áreas urbanas, sofre degradação devido ao uso indiscriminado do solo e à urbanização acelerada.

Um exemplo no Brasil são as sub-bacias Rio das Pedras e Baixo Anhumas em Campinas, SP. Nesta região, a transformação do uso do solo resultou em perda de vegetação, aumento da impermeabilização do solo e redução das áreas permeáveis (DAMAME; LONGO; OLIVEIRA, 2019). Tais fatores agravam problemas como alagamentos, diminuindo a capacidade de infiltração de água e comprometendo a qualidade do solo e os ecossistemas locais. A ocupação desordenada fragilizou os ambientes naturais no entorno desses riachos, aumentando a vulnerabilidade a desastres e prejuízos aos serviços ecossistêmicos, como controle de temperatura e qualidade do ar (DAMAME; LONGO; OLIVEIRA, 2019).

O Riacho Água Vermelha, em Parnamirim, apresenta diversas características que o alinham com os conceitos da síndrome do córrego urbano, conforme descrito por Walsh et al. (2005). A degradação da mata ciliar ao longo de suas margens é um dos aspectos mais evidentes dessa síndrome. A vegetação arbórea que deveria atuar como uma barreira natural para proteger a água e o solo é fragmentada ao decorrer do riacho.

Essa falta de continuidade na vegetação ciliar compromete sua função de filtração de poluentes e controle da erosão, essenciais para manter a qualidade da água. Além disso, a crescente urbanização nas áreas mais afastadas do riacho, com a construção de infraestruturas e a impermeabilização do solo, altera o regime de escoamento das águas, aumentando o risco de enchentes e assoreamento. As práticas agrícolas embora sejam de pequeno porte, também exercem pressão sobre o ecossistema, pois o uso indiscriminado de produtos químicos e a modificação do uso do solo contribuem para o aumento da poluição hídrica e o empobrecimento da biodiversidade aquática.

A compreensão da relação entre ocupação urbana e degradação ambiental é fundamental para prever e evitar impactos futuros, como alagamentos, redução da capacidade de produção de alimentos, poluição do ar e do solo, além de danos irreversíveis à fauna e à flora. Entender as vulnerabilidades ambientais envolve analisar a susceptibilidade e/ou resistência dos ecossistemas frente às pressões externas, permitindo identificar áreas com maior propensão a sofrer impactos negativos (MOURA, GRIGIO & DIODATO, 2010).

A conversão de vegetação em pavimentos impermeáveis eleva o volume de escoamento, resultando em maior risco de enchentes, erosão das margens e

diminuição da infiltração de água no solo, prejudicando a recarga do lençol freático. Além disso, o escoamento pode transportar sedimentos e poluentes para corpos d'água, comprometendo sua qualidade. (TAŞKIN, H. F., & MANIOĞLU, G., 2024).

As mudanças no uso e cobertura do solo podem também influenciar na temperatura da superfície terrestre, como foi apresentado em um estudo sobre cidades do sudoeste da Etiópia (GEMEDA ET AL., 2024). Neste estudo as áreas urbanizadas etíopes experimentaram aumentos significativos na temperatura na superfície terrestre devido à urbanização acelerada e à redução da cobertura vegetal (GEMEDA ET AL., 2024). No caso do entorno do riacho Água Vermelha pode estar sujeito a efeitos semelhantes caso haja expansão desordenada de áreas urbanas, agrícolas ou industriais. A substituição da vegetação nativa por superfícies impermeáveis nas margens do riacho pode levar não apenas ao aumento da temperatura local, mas também a processos de degradação ambiental, como o assoreamento e a redução da infiltração de água, afetando a qualidade e a quantidade de água disponível.

O Riacho Água Vermelha enfrenta sérios danos ambientais, como desmatamento, poluição e ocupação desordenada das margens. Esses impactos comprometem a biodiversidade local e a qualidade da água, prejudicando os serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação hídrica e a proteção contra a erosão. De acordo com o estudo de Rey Benayas et al. (2009), ações de restauração ecológica, focadas na recuperação da biodiversidade, podem ser uma solução eficaz para reverter tais danos.

Um estudo recente, no rio Pochote na Cidade de León, Nicarágua, combinou dados de campo com imagens de satélite de alta resolução, a hidromorfologia do rio, a qualidade da água e a cobertura do solo ripário (BEIßLER MR, HACK J, 2019). Essa tecnologia permite identificar, de forma fácil e adaptável à escassez de dados na região do projeto, áreas degradadas e aquelas com potencial para recuperação, facilitando a implementação de soluções baseadas na natureza, como a restauração da vegetação ripária e a criação de zonas verdes (BEIßLER MR, HACK J, 2019). No riacho Água Vermelha, a aplicação dessa metodologia poderia quantificar o potencial de serviços ecossistêmicos do riacho, como a regulação da qualidade da água e o controle de erosão, fornecendo informações essenciais para apoiar a gestão sustentável do espaço e a proteção dos recursos naturais, contribuindo para o desenvolvimento urbano equilibrado e a melhoria da qualidade de vida dos moradores da região.

O crescimento da urbanização em torno do riacho Água vermelha, pode envolver sérios impactos ambientais, que podem e devem ser evitados. Segundo Stefanoski (2013) o planejamento territorial deve considerar as especificidades locais e as interações entre diferentes tipos de uso do solo. Estratégias de conservação e manejo devem ser adaptadas conforme a escala e a localização, promovendo

efetivamente a proteção dos recursos hídricos e a preservação da biodiversidade.(STEFANOSKI, D. C. et al, 2013).

Para promover um ecossistema mais equilibrado, é fundamental implementar um manejo adequado da vegetação ao longo dos rios, garantindo que a mata ciliar seja conservada e restaurada. Isso não apenas contribuirá para a saúde do ecossistema local, mas também ajudará a proteger os recursos hídricos de forma mais efetiva.(HOLL, K. D. (2023).

## **CONCLUSÃO**

Embora o entorno do riacho Água Vermelha seja uma Área de Preservação Permanente (APP), observa-se que a vegetação de proteção de 30 metros ao longo de seu curso não é contínua em toda a sua extensão. Em algumas áreas, especialmente a partir da rodovia BR 101 em direção a Macaíba, há trechos sem vegetação nas margens do riacho, o que compromete a função das matas ciliares na proteção dos recursos hídricos. Um agravante adicional é a presença de várias residências construídas às margens do riacho, bem como a prática de agricultura e pecuária familiar, que contribuem para a degradação ambiental da área. Para a recuperação dessas zonas, seria ideal promover a reintrodução de vegetação nativa nas margens do riacho, respeitando os parâmetros do Código Florestal Brasileiro. Além disso, em áreas urbanizadas, a construção de praças com sistemas de drenagem eficientes poderia ajudar a reduzir problemas de enchentes, garantindo a proteção ambiental e o bem-estar das comunidades locais.

A recuperação da vegetação nativa e a implementação de soluções urbanísticas sustentáveis são essenciais para preservar a saúde do riacho Água Vermelha e melhorar a qualidade de vida na região.

## REFERÊNCIAS

- ANA (Agência Nacional de Águas). 2012. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/a01764d3-4742-4f7d-b867-01bf544dde6d>. Acessado em 06/12/2024.
- BEIßLER, M. R.; HACK, J. A combined field and remote-sensing based methodology to assess the ecosystem service potential of urban rivers in developing countries. *Remote Sensing*, v. 11, n. 14, p. 1697, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11141697>.
- CARNEIRO, P. R. F.; CARDOSO, A. L.; AZEVEDO, J. P. S. O planejamento do uso do solo urbano e a gestão de bacias hidrográficas: o caso da bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí na Baixada Fluminense. *Cadernos Metrópole*, v. 19, p. 165–190, 2008.
- CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO (Lei nº 12.727, de 2012). Art. 4º. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm#art4%C2%A74](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm#art4%C2%A74). Acessado em 06/12/2024.
- CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO (Lei nº 14.285, de 2021). Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2021/Lei/L14285.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14285.htm). Acessado em 06/12/2024.
- DAMAME, D. B.; LONGO, R. M.; DE OLIVEIRA, E. D. Impactos ambientais do uso e ocupação do solo nas sub-bacias de Campinas, São Paulo, Brasil. *Acta Brasiliensis*, v. 3, n. 1, p. 1-7, jan. 2019. Disponível em: <http://www.journals.ufcg.edu.br/actabra/index.php/actabra/article/view/108>. Acesso em: 12 nov. 2024. DOI: <https://doi.org/10.22571/2526-4338108>.
- DNIT, Malhas Férreas. Disponível em: <https://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>. Acessado em 06/12/2024.
- DNIT, Malhas Rodoviárias. Disponível em: <https://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>. Acessado em 06/12/2024.
- EVERARD, M.; MOGGRIDGE, H. L. Rediscovering the value of urban rivers. *Urban Ecosystems*, v. 15, p. 211–224, 2012. DOI: 10.1007/s11252-011-0174-7.
- FAUSTINO, Jorge. Planificación y gestión de manejo de cuencas. **Turrialba: Catie**, v. 1, p. 90, 1996.
- FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. *Revista Árvore*, v. 28, p. 617–623, 2004.
- FRISSELL, C. A. et al. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management*, v. 10, p. 199–214, 1986.
- GEMEDA, D. O. et al. Impact of land use and land cover change on land surface temperature: Comparative studies in four cities in southwestern Ethiopia. *Environmental Challenges*, v. 16, p. 101002, 2024.
- GRIMM, N. B. et al. Global change and the ecology of cities. *Science*, v. 319, p. 756–760, 2008.
- GURNELL, A.; LEE, M.; SOUCH, C. Urban rivers: hydrology, geomorphology, ecology and opportunities for change. *Geography Compass*, v. 1, p. 1118–1137, 2007.
- HAASE, D.; FRANTZESKAKI, N.; ELMQVIST, T. Ecosystem services in urban landscapes: practical applications and governance implications. *Ambio*, v. 43, p. 407–412, 2014.

HOLL, K. D. Fundamentos da restauração ecológica. *Coplt ArXives*, 2023.

IBGE. Parâmetros municipais de Macaíba. Disponível em:  
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/macaiba/panorama>. Acessado em 06/12/2024.

IBGE. Parâmetros municipais de Parnamirim. Disponível em:  
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/parnamirim/panorama>. Acessado em 06/12/2024.

IGARN. Bacia hidrográfica. Disponível em:  
<http://www.igarn.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=PASTAC&TARG=1346&ACT=&PAGE=&PARM=&LB=L=Bacia+hidrogr%E1fica>. Acessado em 06/12/2024.

KUMAR, P. (Ed.). *TEEB Glossary*. In: The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations. London: Earthscan; Washington, DC: USA, 2010. ISBN 0-415-50108-3.

LEONARDO, Hudson Carlos Lissoni. Indicadores de qualidade do solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo Cue, região oeste do Estado do Paraná [dissertação]. **Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz**, 2003.

LIMA, J. E. F. W. *Recursos hídricos no Brasil e no Mundo*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 46 p. (Documentos / Embrapa Cerrados).

MAIA, S. A. et al. Os impactos da agricultura urbana na qualidade da água na nascente do igarapé do Mindu - Comunidade Nova Esperança (Manaus-AM). Manaus: UEA, 2015.

MARTINI, L. C. P.; TRENTINI, É. C. Agricultura em zonas ripárias do sul do Brasil: conflitos de uso da terra e impactos nos recursos hídricos. *Sociedade e Estado*, v. 26, p. 613–630, 2011.

MOSCA, Andreia Arruda de Oliveira. Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas. **Piracicaba-SP: Universidade de São Paulo**, 2003.

MOURA, S. R. F.; GRIGIO, A. M.; DIODATO, M. A. Mapeamento e análise da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Mossoró. *Seminário Nacional de Governança Urbana e Desenvolvimento Metropolitano*, Natal, 2010. Disponível em:  
[https://www.natal.rn.gov.br/storage/app/media/sempla/GeoNatal\\_2010.pdf](https://www.natal.rn.gov.br/storage/app/media/sempla/GeoNatal_2010.pdf). Acesso em: 15 nov. 2024, às 18:20.

PARNAMIRM, Lei Complementar N° 196/2021 (Plano Diretor de Parnamirim). Disponível em:  
<https://leismunicipais.com.br/a/rn/p/parnamirim/lei-complementar/2021/20/196/lei-complementar-n-196-2021-inclui-o-2-ao-artigo-31-da-lei-complementar-n-63-de-08-de-marco-de-2013-que-dispoe-sobre-o-plano-diretor-de-parnamirim-rn-e-da-outras-providencias?q=196%2F2021>. Acessado em 06/12/2024.

PAUL, M. J.; MEYER, J. L. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 32, p. 333-365, 2001.

NATAL, Prefeitura do Natal. GeoNatal 2010. Disponível em:  
[https://www.natal.rn.gov.br/storage/app/media/sempla/GeoNatal\\_2010.pdf](https://www.natal.rn.gov.br/storage/app/media/sempla/GeoNatal_2010.pdf). Acessado em 15/11/2024.

QUINTAS, D. A. C. História da agricultura no município de Araras (SP) e a caracterização da restauração da mata ciliar no Ribeirão das Furnas. 2011.

REY BENAYAS, J. M.; NEWTON, A. C.; DIAZ, A.; BULLOCK, J. M. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science*, v. 325, n. 5944, p. 1121-1124, 2009. DOI: 10.1126/science.1172460.

SCHWARZ, N. et al. Understanding biodiversity-ecosystem service relationships in urban areas: a comprehensive literature review. *Ecosystem Services*, v. 27, p. 161–171, 2017.

SIEBER, J.; PONS, M. Assessment of urban ecosystem services using ecosystem services reviews and GIS-based tools. *Procedia Engineering*, v. 115, p. 53–60, 2015.

SMITH, W. S.; SILVA, F. L. da; BIAGIONI, R. C. *Ambiental e Sociedade*, v. 22, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0057r1vu19L1AO>.

SOUZA, R. C. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020. DOI: 10.3390/rs12172735.

STEFANOSKI, D. C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 12, p. 1301–1309, dez. 2013.

TAŞKIN, H. F.; MANIOĞLU, G. Evaluation of the impact of land use ratios and cover materials in settlement design on stormwater runoff. *Land Use Policy*, v. 146, p. 107314, 2024.

TORRECUSO, A. P. S. da R. *Mapeamento da microbacia do Riacho Água Vermelha, no município de Parnamirim/RN, por meio de técnicas de geoprocessamento*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

VERHOEVEN, J. T. A.; SETTER, T. L. Agricultural use of wetlands: opportunities and limitations. *Annals of Botany*, v. 105, p. 155–163, 2010.

WALSH, C. J. et al. The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 24, n. 3, p. 706-723, 2005.

WATSON, K. B. et al. Quantifying flood mitigation services: The economic value of Otter Creek wetlands and floodplains to Middleb. *Environmental Economics and Policy Studies*, v. 16, p. 101002, 2016.

## ANEXOS:

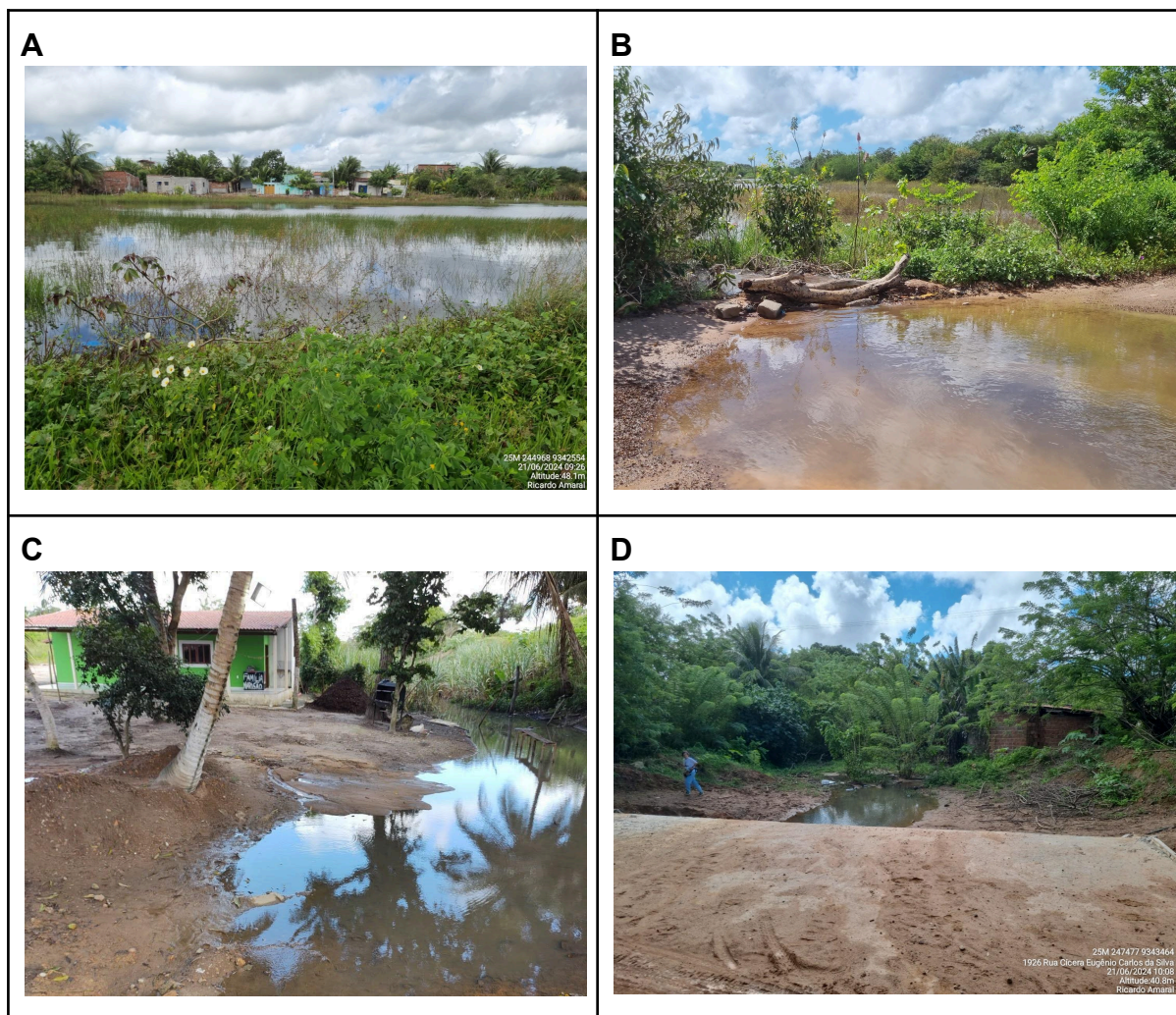
Anexo 1: Quantidade das áreas dos buffers, microbacia, bacia Pirangi e Macamirim em células e separados para cada tipo e categoria do uso e cobertura do solo. Com a diferença entre os Buffers, microbacia, bacia Pirangi e Macamirim.

Código	Tipo de Cobertura	Categoria	Contagem dos Tipos de Cobertura do Solo em Células com a diferença entre Buffers									
			30m	60m	100m	120m	300m	500m	Microbacia	Bacia Pirangi	Macamirim	
3	Formação Florestal	Floresta	420	356	297	88	619	845	455	105370	78933	
4	Formação Savânica	Floresta	16	31	85	48	319	209	322	18524	94908	
5	Mangue	Floresta	0	0	0	0	0	0	0	47	1475	
11	Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Natural não Florestal	0	0	0	0	0	0	0	3426	1189	
12	Formação Campestre	Formação Natural não Florestal	34	13	12	3	68	35	40	14928	4304	
13	Outras Formações não Florestais	Formação Natural não Florestal	0	0	0	0	0	0	0	1135	915	
15	Pastagem	Agropecuária	12	12	20	8	18	0	33	24641	161354	
20	Cana	Agropecuária	0	0	0	0	0	0	0	3090	2536	
21	Mosaico de Usos	Agropecuária	230	291	480	264	1577	1451	4539	187749	220985	
23	Prata, Duna e Areal	Área não Vegetada	0	0	0	0	0	0	0	7646	1996	
24	Área Urbanizada	Área não Vegetada	59	88	155	137	2026	2799	11717	101625	52377	
25	Outras Áreas não Vegetadas	Área não Vegetada	6	6	18	16	166	131	140	10655	12135	
31	Aquicultura	Corpo D'água	0	0	0	0	0	0	0	0	1006	
33	Rio, Lago e Oceano	Corpo D'água	10	2	0	0	0	0	0	4854	9153	
41	Outras Lavouras Temporárias	Agropecuária	0	0	0	0	0	7	951	56180	26939	
48	Outras Lavouras Perenes	Agropecuária	0	0	0	0	0	0	0	1300	71	
49	Restinga Arbórea	Floresta	0	0	0	0	0	0	0	4358	3034	
50	Restinga Herbácea	Formação Natural não Florestal	0	0	0	0	0	0	0	25243	8023	
<b>TOTAL</b>			<b>787</b>	<b>799</b>	<b>1067</b>	<b>564</b>	<b>4793</b>	<b>5477</b>	<b>18197</b>	<b>570771</b>	<b>681333</b>	

Anexo 2: Legenda dos tipos de uso e cobertura do solo do projeto Mapbiomas.

 <b>Códigos da legenda para os valores de pixel na Coleção 8 do MapBiomas</b>		New ID	New Hexacode Number	New Color
COLEÇÃO 8 - CLASSES	COLLECTION 8 - CLASSES			
<b>1. Floresta</b>	<b>1. Forest</b>	1	#32a65e	
1.1 Formação Florestal	1.1. Forest Formation	3	#1f8d49	
1.2. Formação Savânica	1.2. Savanna Formation	4	#7dc975	
1.3. Mangue	1.3. Mangrove	5	#04381d	
1.4. Floresta Alagável (beta)	1.4 Floodable Forest (beta)	6	#026975	
1.5. Restinga Arbórea	1.5. Wooded Sandbank Vegetation	49	#02d659	
<b>2. Formação Natural não Florestal</b>	<b>2. Non Forest Natural Formation</b>	10	#ad975a	
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	2.1. Wetland	11	#519799	
2.2. Formação Campestre	2.2. Grassland	12	#d6bc74	
2.3. Apicum	2.3. Hypersaline Tidal Flat	32	#fc8114	
2.4. Afloramento Rochoso	2.4. Rocky Outcrop	29	#ffaa5f	
2.5. Restinga Herbácea	2.5. Herbaceous Sandbank Vegetation	50	#ad5100	
2.6. Outras Formações não Florestais	2.6. Other non Forest Formations	13	#d89f5c	
<b>3. Agropecuária</b>	<b>3. Farming</b>	14	#FFFFB2	
3.1. Pastagem	3.1. Pasture	15	#edde8e	
3.2. Agricultura	3.2. Agriculture	18	#E974ED	
3.2.1. Lavoura Temporária	3.2.1. Temporary Crop	19	#C27BA0	
3.2.1.1. Soja	3.2.1.1. Soybean	39	#f5b3c8	
3.2.1.2. Cana	3.2.1.2. Sugar cane	20	#db7093	
3.2.1.3. Arroz	3.2.1.3. Rice	40	#c71585	
3.2.1.4. Algodão (beta)	3.2.1.4. Cotton (beta)	62	#ff69b4	
3.2.1.5. Outras Lavouras Temporárias	3.2.1.5. Other Temporary Crops	41	#f54ca9	
3.2.2. Lavoura Perene	3.2.2. Perennial Crop	36	#d082de	
3.2.2.1. Café	3.2.2.1. Coffee	46	#d68fe2	
3.2.2.2. Citrus	3.2.2.2. Citrus	47	#9932cc	
3.2.2.3. Dendê (beta)	3.2.2.3. Palm Oil (beta)	35	#9065d0	
3.2.2.4. Outras Lavouras Perenes	3.2.2.4. Other Perennial Crops	48	#e6ccff	
3.3. Silvicultura	3.3. Forest Plantation	9	#7a5900	
3.4. Mosaico de Usos	3.4. Mosaic of Uses	21	#ffefc3	
<b>4. Área não Vegetada</b>	<b>4. Non vegetated area</b>	22	#d4271e	
4.1. Praia, Duna e Areal	4.1. Beach, Dune and Sand Spot	23	#ffa07a	
4.2. Área Urbanizada	4.2. Urban Area	24	#d4271e	
4.3. Mineração	4.3. Mining	30	#9c0027	
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	4.4. Other non Vegetated Areas	25	#db4d4f	
<b>5. Corpo D'água</b>	<b>5. Water</b>	26	#0000FF	
5.1 Rio, Lago e Oceano	5.1. River, Lake and Ocean	33	#2532e4	
5.2 Aquicultura	5.2. Aquaculture	31	#091077	
6. Não observado	6. Not Observed	27	#ffffff	

Anexo 3: Imagens do Riacho Água Vermelha, da nascente em direção à foz. **A:** Lagoa da Viúva; **B:** Passagem que interrompe a conexão entre a Lagoa da Viúva e o restante do riacho Água Vermelha; **C:** Trecho do riacho com construções às margens; **D:** Outra casa construída às margens do riacho; **E:** Ponte construída sobre o riacho já canalizado; **F:** Casa próxima a ponte e às margens do riacho. **G:** Parte conservada próximo a urbanização. **H:** Obra de construção de rua sobre trecho do riacho. **I:** Criação de porcos próximo a margem do riacho. **J:** Linha Férrea a margem da mata ciliar. **K:** Água jogada no riacho vinda de lagoa de captação, sem tratamento. **L:** Vegetação próxima de fábrica de água mineral. **M:** trecho do riacho próximo de fábrica de água mineral. Fotos: Adriana Monteiro de Almeida, Ricardo Farias do Amaral.



E



25M 247799 848861  
1 Traversa Francisco De Assis  
Vale do Sol  
Altitude: 60.5m  
Rio Grande do Norte

F



25M 247799 848861  
1 Traversa Francisco De Assis  
Vale do Sol  
Altitude: 60.5m  
Rio Grande do Norte

G



H



19 de set. de 2024 08:59:36  
5,9332S 35,2753W ±6,00m  
2 Rua Suboficial Marcelino Agostinho Costa  
Vale do Sol  
Parnamirim  
Rio Grande do Norte

I



19 de set. de 2024 08:49:17  
5,9339S 35,2770W ±5,00m  
16 Rua Aproniano Sá  
Vale do Sol  
Parnamirim  
Rio Grande do Norte

**J**



**K**



**L**



**M**

