



Diagnóstico Ambiental e Caracterização da Área de Preservação Permanente do Igarapé Encrenca em Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

Robson da Silva Ribeiro¹, Lilian Vanessa Silveira Oliveira², Afonso Henrique Rodrigues de Oliveira Barros³, Ronepablo da Silva Alves⁴, Karen Janones da Rocha⁵, Ketlen Faião Alves Maltezo^{*6}, Kenia Michele de Quadros Tronco⁷, Marcia Cristiane Alves⁸, Jhony Vendruscolo⁹, Mariza Cades¹⁰, José Mauro Santana da Silva¹¹

¹Graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR), e-mail: robson.s.r.ef@gmail.com;

²Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR), e-mail: lilianvane725@gmail.com;

³Graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR), e-mail: afonsoqi.barros@gmail.com;

⁴Técnico de laboratório, mestrando em Ciências ambientais pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR), e-mail: ronepablo@unir.br;

⁵Professora doutora em Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), campus Rolim de Moura, e-mail: karenrocha@unir.br;

^{*6}Doutoranda em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR), e-mail: ketlenfaiao@gmail.com;

⁷Professora doutora em Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), e-mail: kenia.tronco@unir.br;

⁸Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR), e-mail: marciacristianealvesof@gmail.com,

⁹Professor doutor em Ciência do Solo, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), e-mail: jhony@unir.br;

¹⁰Mestranda em Agroecossistemas Amazônicos pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR), e-mail: marizacades@hotmail.com;

¹¹Professor doutor em irrigação e drenagem, Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), e-mail: josemauro@ufscar.br.

Artigo recebido em 13/01/2024 e aceito em 03/06/2024

RESUMO

O igarapé Encrenca cruza a cidade de Rolim de Moura e tem sua nascente próximo ao centro urbano. O município teve uma ocupação despreocupada e sem planejamento com as questões ecológicas, ocasionando a ocupação inadequada em Áreas de Preservação Permanente, além de, desmatamento e má conservação dos leitos. Objetivou-se avaliar o igarapé em diferentes pontos ao longo do curso d'água, identificando e evidenciando os pontos de fragilidade e suas fontes de degradação. Sendo utilizado unidades amostrais -UA-dispostas a cada 500 m ao longo do igarapé, realizando coleta de água, solo e serapilheira, e levantamento de check-list. A partir dos dados obtidos das análises, foram geradas 63 variáveis, submetidas à análise de componentes principais (ACP), posteriormente sendo selecionada as 20 variáveis mais relevantes e realizada uma nova ACP. Os dados da ACP, permitiu o agrupamento do igarapé em 2 grupos: Grupo 1 com as UAs P1-1, P1-2, P1-3, P2-1, P2-3, P2-4 e P3-1, apresentando variáveis que indicam maior preservação, sendo os pontos localizados mais próximos as nascentes; e Grupo 2 com as UAs P2-2, P2-5, P3-2, P3-3, P3-4, P4-1, P4-2, P5-1, P5-2, P6, P7, P8 e P9, com presença de variáveis que indicam as áreas com maior degradação, localizadas próximas à foz. O igarapé da Encrenca expressa aumento do seu nível de degradação, conforme ele se distancia de suas nascentes e se aproxima de sua foz que se encontra próximo ao centro urbano de Rolim de Moura.

Palavras-chave: Recuperação de áreas degradadas, Geotecnologias, Uso do solo urbano, Amazônia

Environmental Diagnosis and Characterization of the Igarapé Encrenca Permanent Preservation Area in Rolim de Moura, Rondônia, Brazil

ABSTRACT

The Encrenca stream crosses the city of Rolim de Moura and has its source close to the urban center. The municipality has been occupied without concern or planning for ecological issues, leading to inappropriate occupation of Permanent Preservation Areas, as well as deforestation and poor conservation of the riverbeds. The aim was to evaluate the creek at

different points along its course, identifying and highlighting points of fragility and sources of degradation. Sampling units -UA- were used every 500m along the creek, collecting water, soil and litter, as well as a checklist. Based on the data obtained from the analyses, 63 variables were generated and submitted to principal component analysis (PCA), after which the 20 most relevant variables were selected and a new PCA was carried out. The PCA data allowed the igarapé to be grouped into 2 groups: Group 1 with AUs P1-1, P1-2, P1-3, P2-1, P2-3, P2-4 and P3-1, showing variables that indicate greater preservation, with the points located closest to the springs; and Group 2 with AUs P2-2, P2-5, P3-2, P3-3, P3-4, P4-1, P4-2, P5-1, P5-2, P6, P7, P8 and P9, with the presence of variables that indicate areas with greater degradation, located close to the mouth. The Encrenca stream shows an increase in its level of degradation as it moves further away from its sources and closer to its mouth, which is located close to the urban center of Rolim de Moura.

Keywords: Recovery of degraded areas, Geotechnologies, Urban land use, Amazonia.

Introdução

O processo de colonização de diversas regiões no Brasil impactou significativamente no uso e ocupação do espaço. Na região amazônica, os principais fatores que elevaram os índices de supressão vegetal foram em virtude das ações antrópicas de habitação, como também a expansão agropecuária (Parente et al. 2021). Vale salientar que o desmatamento, de acordo com Mello e Feitosa (2020) foi potencializado pela ocupação desordenada e precária nos anos 70, devido grandes projetos governamentais que visavam promover a integração da Amazônia ao restante do país e seu desenvolvimento econômico. Entretanto, tal ação foi considerada insustentável, pela carência de políticas públicas que garantissem a preservação dos recursos naturais à medida que a região se expandia (Carvalho, 2017).

O município de Rolim de Moura teve sua ocupação iniciada em 1975, sendo definido como setor Rolim de Moura, que surgiu com a finalidade de fornecer assentamento rural para os colonos excedentes do PIC Gy-Paraná, projeto de colonização do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA. Com as migrações, se formou uma vila sem planejamento adequado para ocupação às margens do rio Anta Atirada, onde se encontrava uma sede do instituto. Em 1982, todos os lotes já haviam sido ocupados. Desde o início da colonização, a vila apresentou um crescimento intenso, que em 1983 os moradores por meio de um abaixo-assinado, solicitaram a emancipação de Rolim de Moura. Assim, o governador em 5 de agosto de 1983, pelo decreto Lei 071/1983, emancipou Rolim de Moura como Município (Januário, 2013; Rolim de Moura, 2021).

De acordo com o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS, 2023), a expansão agropecuária em Rolim de Moura, compreendida na série temporal entre 1985 à 2022, foi de 44.135 hectares. Por outro lado, houve um decréscimo na composição florestal de 70.045 hectares. A

hidrografia local pertence à bacia do rio Machado. Nesse âmbito, para o mesmo período mencionado, as áreas convertidas para práticas agropecuárias foram mais de 2,8 milhões de hectares. Em contrapartida, houve perda de 2,7 milhões de hectares de floresta.

A bacia do rio Machado é composta pelo rio Anta Atirada, Palha, Pardo, Bamburro, São Pedro ou rio Rolim de Moura e D'Alincourt. Rolim de Moura utiliza a água do rio D'Alincourt e do igarapé Manicoré para o abastecimento da população. Ao longo da área urbana, percorre o igarapé Encrenca que deságua no rio Anta Atirada, presente em uma grande parte do município (Januário, 2013). Os afluentes se encontram nas regiões de menor relevo, por isso, acabam se tornando destino de resíduos sólidos e líquidos que não receberam a destinação ambientalmente adequada (Fundação Nacional de Saúde, 2004). Silva et al (2021) relacionam as diversas atividades humanas, como desmatamento, alterações na drenagem natural, lançamento de resíduos sólidos e efluentes, e construção de residências sem infraestrutura, à intensificação de desastres naturais com o aumento de riscos geomorfológicos.

Assim, o igarapé Encrenca tem sua nascente na proximidade da cidade, apresentando muitas habitações inadequadas na área de Área de Preservação Permanente - APP, além de desmatamento e má conservação dos mananciais. Ao longo do curso d'água, é visível a quantidade de resíduos sólidos que são depositados. Rolim de Moura não tem estação de tratamento de esgoto, logo efluentes domésticos e até de pequenas indústrias são destinados ao esgoto, que são na sua maioria conectados aos afluentes que cruzam a cidade. Em virtude dos problemas salientados, conhecer a atual situação que o igarapé se encontra, é de grande importância para o desenvolvimento de medidas mitigadoras de impactos ambientais (Casagrande, 2013; Souza & Silveira, 2021).

Vale salientar no que diz respeito as APPs, que são consideradas uma importante alternativa para manutenção dos compartimentos ambientais

que se retroalimentam. De acordo com Cruz et al. (2022), perde sua capacidade de prover serviços ecossistêmicos devido a crescente fragmentação e

O diagnóstico permite efetuar a descrição e análise dos fatores ambientais, sendo possível caracterizar a situação em que se encontra o ambiente. Possibilita, também, a definição de pontos de maior vulnerabilidade e risco de enchentes ao longo do igarapé. Estas informações auxiliam como importante ferramenta para tomada de decisões para melhor conservação do igarapé, atuando como embasamento para os órgãos públicos ou privados na formulação de políticas públicas mais representativas que garantam a manutenção dos compartimentos ambientais e conservação do curso d'água (Sánchez, 2013).

Ao avaliar a interação entre os compartimentos ambientais, destaca-se a importância de ferramentas de gestão e planejamento, como a obtenção de indicadores de qualidade, que permitem estudos diagnósticos de ambientes de interesse por meio da análise de variáveis (Castro et al., 2017; Pires et al., 2020). Entretanto, Boulang (2009) enfatiza a importância de indicadores que sejam sensíveis às mudanças ocorridas, seja de origem antrópica ou natural.

Tendo em vista a análise de uma quantidade significativa de parâmetros, tem-se a dificuldade na definição de quais são mais expressivos e representativos no que diz respeito às alterações no ambiente (Alves et al., 2021). Nesse sentido, pode-se empregar a análise multivariada de dados, que emerge como importante ferramenta estatística, garantindo a identificação de variáveis que são mais sensíveis a tais modificações.

Ademais, a recuperação integrada de ambientes e identificação das áreas com maior suscetibilidade, como o caso de cursos d'água que possuem seus leitos naturais ao longo de municípios, pode promover a mitigação dos riscos ambientais associados, além de proporcionar

alteração dessas áreas. Logo, interfere direta e indiretamente nos recursos hídricos, solo e aporte de nutrientes disponíveis para ciclagem.

espaços acessíveis e agradáveis à população. Além disso, auxilia na implementação de técnicas de recuperação, com fomento de ações que reduzam moradias em locais inapropriados e, consequentemente, maior qualidade e demanda de água para abastecimento público.

Importante frisar que há projeções de falta de água para o município, inclusive fato esse que já vem ocorrendo desde 2023. Penna e Costa (2020) destacam que o uso inadequado dos recursos hídricos, por meio de contaminação, alterações no seu curso, como o assoreamento, e APP em processo de degradação, ameaça a qualidade e disponibilidade de água, podendo ser um fator limitante para o desenvolvimento humano e econômico das cidades.

Logo, presume-se que o igarapé venha sofrendo com impactos e contaminação, à medida com que se aproxima da cidade. Tal hipótese justifica-se devido as diversas problemáticas ambientais emergentes, relacionadas à falta de planejamento das cidades, com alterações em toda a dinâmica dos recursos naturais (Silva e Vidal, 2021). Assim, o objetivo deste estudo é avaliar o curso d'água em diferentes pontos, identificando e evidenciando pontos de fragilidade, fontes de degradação, e o levantamento de indicadores de qualidade ambiental que possam auxiliar na caracterização do ambiente.

Material e métodos

O estudo foi conduzido na Área de Preservação Permanente do igarapé da Encrenca, localizado em sua maior parte no perímetro urbano do município de Rolim de Moura – RO. Pertence à microbacia do rio Anta Atirada, a qual pertence a sub-bacia do rio Rolim de Moura (Figura 1).

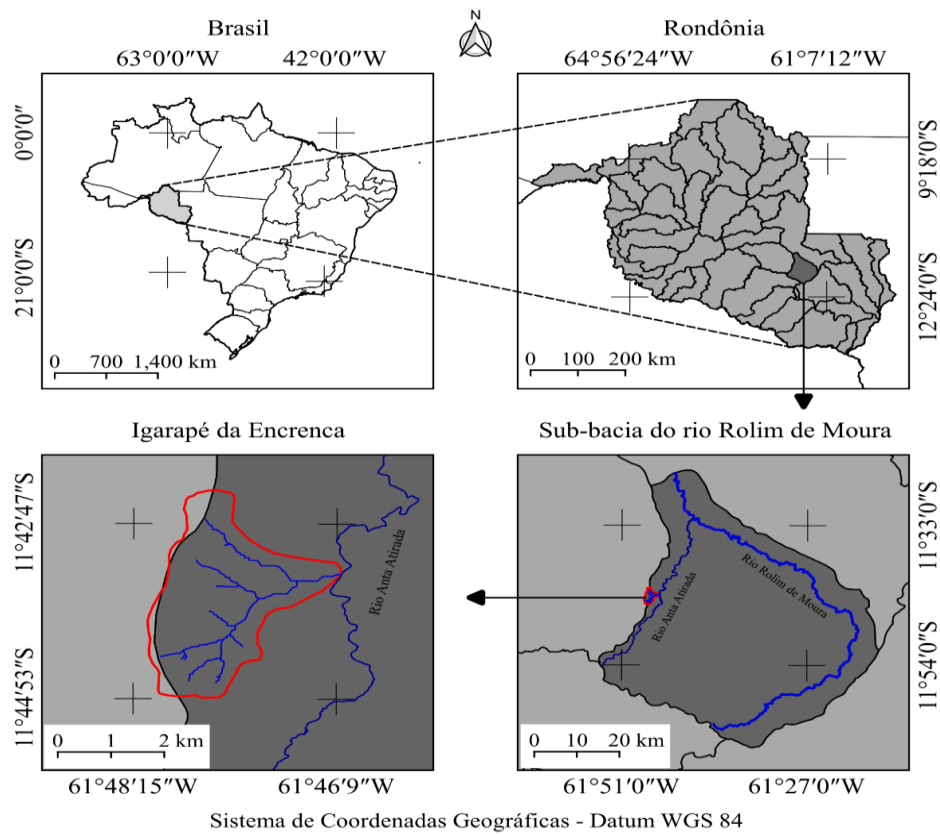


Figura 1. Localização do igarapé da Encrenca, município de Rolim de Moura -RO, 2023.

Foi realizado o georreferenciamento do igarapé Encrenca, por meio do Google Earth PRO e imagens orbitais de satélite obtidas na estação seca, referente aos meses de junho a agosto, período que há menor presença de nuvens (Steffen, 2006), oriundas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. O processamento das imagens foi realizado pelo Software de sistema de informação geográfica (SIG) Quantum Gis 2.10 (versão Pisa).

A definição do leito do igarapé e microbacia, foi realizada de forma manual, com a ferramenta “Adicionar Caminho” do Google Earth PRO, juntamente com o uso de imagens históricas para identificar os caminhos da água, onde atualmente se encontram cobertas ou em galerias. No Qgis, por meio do processamento das imagens, se obteve as curvas de nível, sendo possível identificar os possíveis caminhos da água e os pontos de maior altitude para definição do limite do

igarapé, posteriormente realizado verificação *in loco* sendo ajustado o leito do igarapé e localização das nascentes.

Com o leito e as nascentes identificadas foi estimado o tamanho do igarapé e definido os limites da APP. Para definir a área de APP, foi quantificada e classificada, segundo a legislação florestal vigente, para rios com porte menor que 10 m de largura, sendo considerada de 30 m de largura para APP. A mensuração da extensão do igarapé exposto, galeria exposta e não exposta/ canalizada ou coberta.

Para o diagnóstico do igarapé, foram distribuídas 20 unidades amostrais (UA), de 20 x 30 m (600 m²), distanciadas 500 m entre si, em somente um lado do leito do igarapé (Figura 2). As UAs foram ordenadas e numeradas conforme se distanciavam de suas nascentes e considerando a ordem das bifurcações

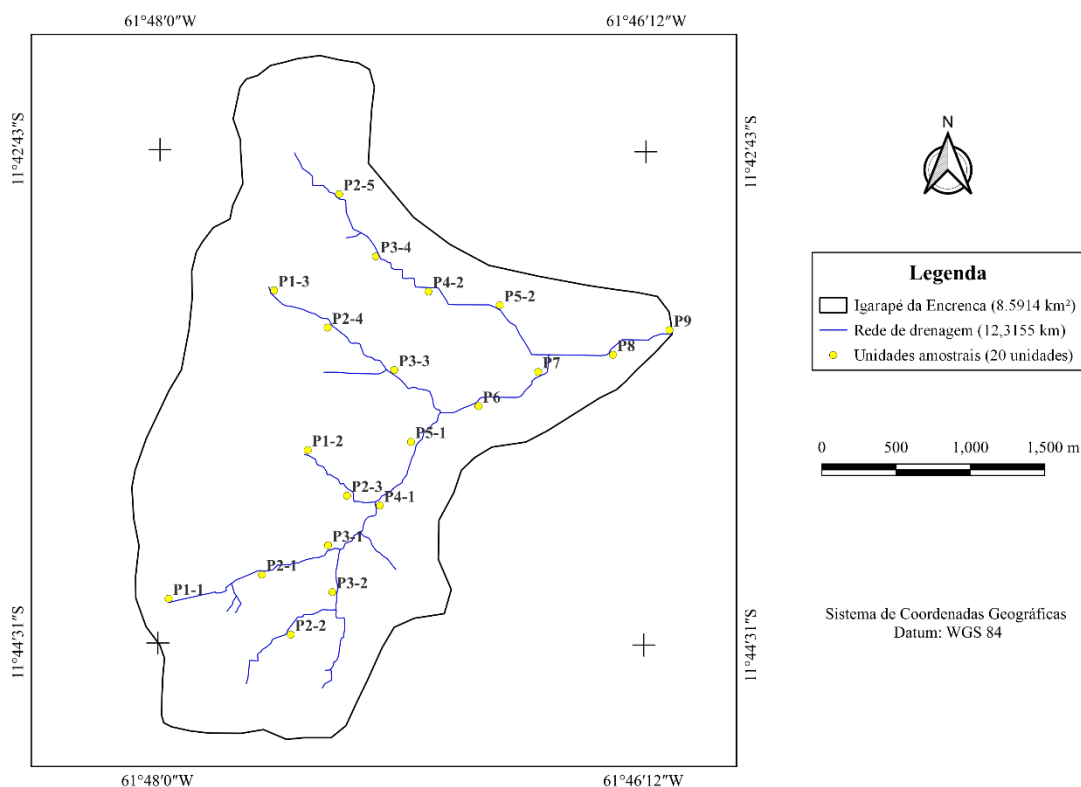


Figura 2. Distribuição das unidades amostrais, para levantamento *in loco* no igarapé da Encrenca, Município de Rolim de Moura - RO, 2023.

A cada UA foi realizada a coleta de água, serapilheira e solo. Para a coleta de água, utilizou-se balde e garrafa higienizadas, para obtenção de amostras de águas superficiais, evitando coletar os materiais sobrenadantes (CETESB, 2011), para realização do ensaio microbiológico (UFC/CF, UFC/CT) e análises de pH, alcalinidade, condutividade, sólidos totais, Na/K, nitrato e nitrito, Ca^{2+} , dureza, K^+ , Mg^{2+} , Na^+ e temperatura. A metodologia de coleta e análise da água seguiu as normas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012), como também o Manual de procedimentos operacionais padrões para análises do Laboratório de Recuperação de ecossistemas e Produção Florestal desenvolvido por Alves (2022).

A serapilheira foi coletada utilizando o método do estoque com auxílio de um gabarito de 30 x 30 cm. No centro de cada parcela, foi coletado todo o material orgânico contido em seu interior, na proximidade ao solo, com emprego de um facão e espátula. Posteriormente, esse material foi acondicionado em sacos plásticos, identificados e levados ao Laboratório de Recuperação de Ecossistemas e Produção Florestal (REProFlor) da UNIR *campus* Rolim de Moura.

O material de cada coleta foi separado em diferentes compartimentos (material lenhoso-lignificado, folhas, capim, herbáceas, carvão e amorfo (material vegetal e animal que não podem ser determinados), em bandejas de alumínio identificadas. A capacidade de retenção hídrica (CRH) da serapilheira foi determinada pelo método de Blow (1955). Assim, as amostras foram totalmente submersas em água por 90 minutos, posteriormente retiradas e depositadas em bandejas inclinadas com ângulo de 30° por 30 minutos, para que a água fosse escoada. Retirado o excesso de água, realizou-se a pesagem em balança semi analítica de precisão para determinação da massa úmida (MU). Assim, foi possível obter valores de biomassa, expressos em kg/ha. Depois, as amostras foram colocadas na estufa a 70 °C e pesadas novamente até se obter um peso constante para obtenção da massa seca (MS) (Figura 8). A capacidade de retenção hídrica (CRH) foi calculada pela seguinte equação:

$$\text{CRH (\%)} = [(\text{MU} - \text{MS}) \div \text{MS}] \times 100 \quad (1)$$

Sendo:

$$\text{CRH (\%)} = \text{Capacidade de Retenção Hídrica}$$

MU = biomassa úmida (g)

MS = biomassa seca (g)

Para a análise dos atributos físicos do solo, foi coletada uma amostra indeformada de solo por UA, com o uso do anel volumétrico com volume de 92,4 dm³, na profundidade de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. Posteriormente, as amostras foram embaladas com filme plástico, identificadas e transferidas ao laboratório de solos da UNIR. Então, foi realizada pesagem do conjunto amostra de solo mais recipiente e posta em estufa a 105 °C por 24h, e então pesada novamente após 1h no dessecador. Dessa forma, os atributos avaliados foram a macroporosidade, microporosidade, areia, silte, argila e densidade do solo.

Para a análise das propriedades químicas do solo (Al, Ca, Ca/K, Ca/Mg, CTC, H+Al, K, M.O, Mg, Mg/K, Na, P, pH em água, pH em CaCl, saturação por Ca, saturação por K, saturação por Mg, soma de bases, valor V) foram coletadas amostras deformadas com auxílio de trado do tipo rosca. Em cada UA houve coleta de uma amostra composta proveniente de 4 amostras simples coletadas em zigzag. As análises seguiram a metodologia da Embrapa (2011), no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura.

Para o check-list, foram identificados em campo: presença de animais de produção, presença de área de cultivo agrícola, presença de assoreamento, presença de aterramento, presença de dejetos de animais de produção, presença de efluentes domésticos, presença de erosão, presença de espécies arbóreas superiores a DAP = 10 cm, presença de galeria, presença de imóvel comercial, presença de imóvel residencial, presença de resíduos de deposição antrópica, presença de resíduos por deposição de enchentes, presença de vegetação adentrando o leito do rio, solo exposto, solo impermeabilizado (edificações, asfalto, entre outros).

Os dados obtidos, tanto das análises químicas e físicas do solo e água, check-list (modelo utilizado *in loco*) e serapilheira, foram obtidos em três momentos: 1- coleta na transição do período seco para chuvoso (novembro/2022); 2-

período chuvoso (janeiro/2023); e 3- período seco (julho/2023).

Para o período 1, foram realizadas as coletas e análises laboratoriais. Já para o período 2 e 3, foram realizadas as coletas, entretanto devido à falta de alguns reagentes, as análises não foram concluídas à tempo. Portanto, para o diagnóstico em si, foi levado em consideração apenas o período 1, sendo disponibilizadas as informações de análises da água, análise de solo, check-list e análise de serapilheira.

Os dados foram tabulados em planilha eletrônica Excel, inicialmente obtendo-se 63 variáveis, com 13 variáveis provenientes da análise de água, 26 da análise físico-química do solo, 16 do checklist e 8 da serapilheira. Os dados foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP), por meio de análise multivariada, que utiliza a correlação entre as variáveis, o que facilita a interpretação e fatores de qualidade do ambiente e de degradação, empregado quanto se tem muitas variáveis (LÊ et al., 2008).

Após a aplicação da ACP, as variáveis que não apresentavam grande influência ao ambiente, ou seja, que apresentavam uma baixa correlação foram descartadas, selecionando-se apenas 20 variáveis mais relevantes, sendo X1= pH da água, X2= condutividade (µS/cm), X7= alcalinidade (mg CaCO₃/L), X11= Na⁺ em água (mg/L), X12= K⁺ da água (mg/L), X13= NO₂⁻ da água (mg/L), X15= pH CaCl₂ do solo, X22= Alumínio (Al cmolc/dm³), X23= Hidrogênio + Alumínio (H + Al cmolc/dm³), X26= Saturação de base (V %), X30= Saturação Por Ca (%), X42= Presença de solo exposto, X43= Presença de animais de produção, X44= Presença de dejetos de animais de produção, X46= Presença de resíduos de deposição antrópica, X48= Solo impermeabilizado por edificações, asfalto e etc, X52= Presença de área de cultivo agrícola, X55= Presença de aterramento, X58= Peso seco da fração lignificada <1 cm de diâmetro da serapilheira (g) e X59= Peso seco da fração lignificada de 1 a 2,5 cm de diâmetro da serapilheira (g), com esses variáveis foi realizado a ACP novamente para os fatores selecionados, para o estudo utilizou-se apenas os componentes principais (CP ou DIM). As análises foram realizadas com o uso do programa R (Versão 4.1.1), com o pacote FactoMineR (LÊ et al., 2008).

Resultados e discussão

A microbacia do igarapé da encrenca tem a área de 8,5914 km², perímetro de 13,7638 km e comprimento do leito de 12,3155 km.

Considerando a área total da microbacia, ela tem ocupação de cerca de 7,5158 km² (87,48%) de área urbana, o leito do rio presente na área urbana

apresenta um comprimento 11.2362 km que representa 91,24 % do igarapé em área urbana, o que explica o fato de ter uma diversificada ocupação do leito do igarapé, apresentando uma faixa de 2,2506 km de galeria, 0,9549 de manilha e 1,1550 km de pontes ou manilhas, juntos totalizam 35,40 % do leito do rio, ou seja áreas onde não é

possível fazer a recuperação e estão sujeitas a ações antrópicas. Além disso, apresenta 0,4751 km (3,86 %) de sua extensão utilizada para barramento para piscicultura e 7,4798 km (60,74 %) de efluente aberto, são áreas passíveis de serem protegidas por meio da Área de Preservação Permanente (APP) (Figura 3).

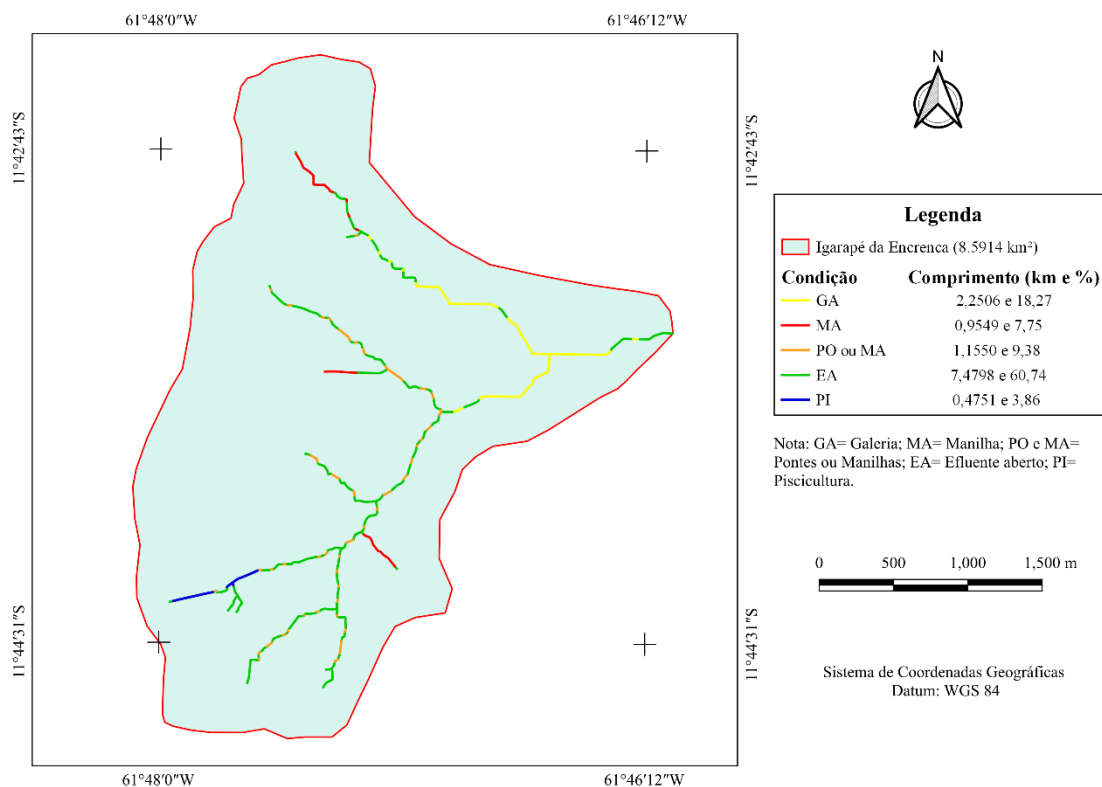


Figura 3. Uso e ocupação do leito do igarapé da Encrenca, município de Rolim de Moura - RO, 2023.

Por meio da visita *in loco* e preenchimento do check-list, pôde-se aferir que há presença de gramíneas em todas as UAs, sendo verificado poucas UAs com árvores de DAP > 10 cm (8 UAs). Em contrapartida, identificou-se 19 UAs para a deposição de resíduos antrópicos; para resíduos por deposição de enchentes (17 UAs), solo impermeabilizado por edificações e asfalto (18 UAs), presença de imóvel residencial (17 UAs), presença de aterro (18 UAs), presença de assoreamento (17 UAs), solo exposto (18 UAs) e efluentes domésticos (12 UAs) (Figura 4). Em

relação à UA P1-1, nascente do rio principal do igarapé, que se encontra fora da área urbana e ainda apresenta um fragmento florestal nativo, o ponto mais próximo das características visuais e do check-list foi a nascente localizada no parque municipal Rolim de Moura (P1-3), que se encontra dentro do perímetro urbano. Por mais que seja protegido, ainda apresenta alguns fatores de degradação como a presença de erosão, assoreamento, solo exposto, resíduos de deposição antrópica e resíduos por deposição de enchentes.

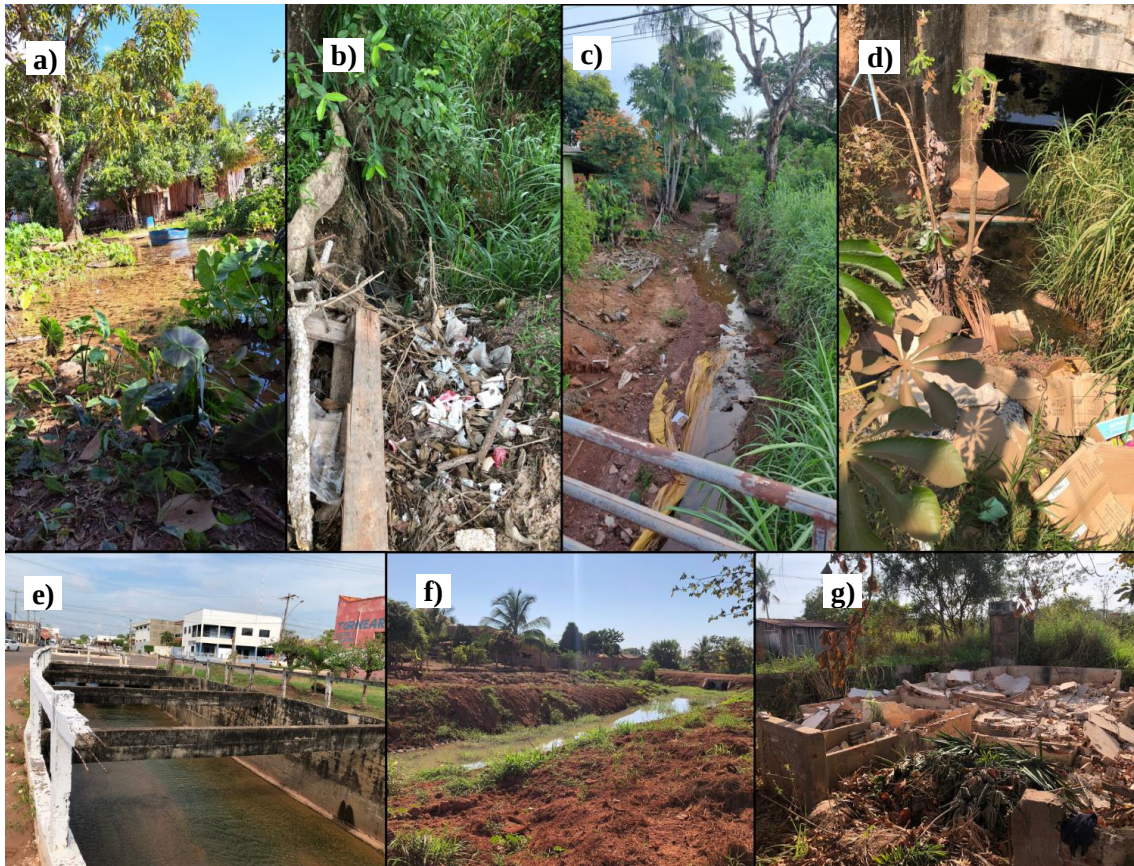


Figura 4. Fatores de degradação presentes na APP do igarapé da Encrença: a) área de nascente desprotegida localizada no área urbana; b) erosão maior que 1m de profundidade com deposição de resíduos por ação antrópica; c) deposição de resíduos por enchentes, ocupação por gramínea e imóveis residenciais na área de APP; d) deposição de resíduos no leito do rio por ação antrópica; e) igarapé impermeabilizado pela construção de galerias; f) solo exposto em área de APP; g) impermeabilização do solo em área de APP por imóveis residenciais. Rolim de Moura-RO, 2023.

Com a obtenção dos dados, foi realizada a primeira (ACP), com as 63 variáveis, obteve-se nos dois primeiros componentes principais (Dim 1 e Dim 2) uma explicação de 46,47% da variação dos

dados, sendo que o Dim 1 e para Dim 2 explica respectivamente 34,47% e 12,00% da variância total (Figura 5).

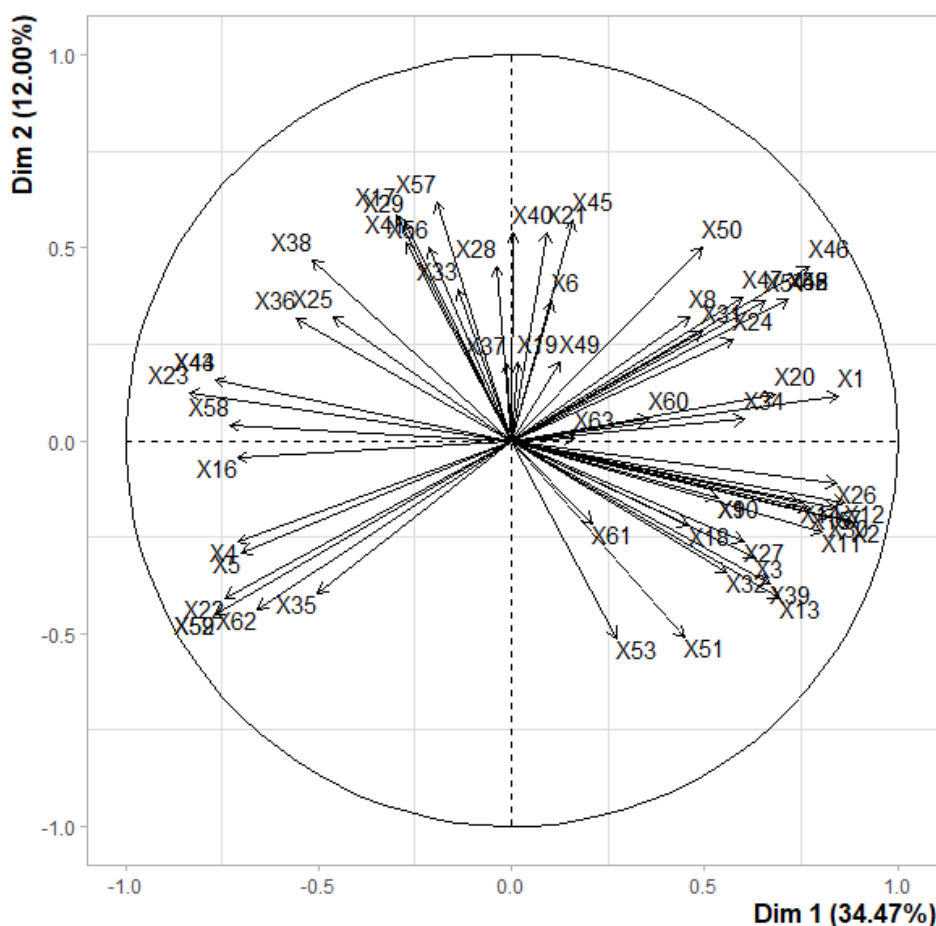


Figura 5. Eixos de ordenação produzidos pela análise de componentes principais com as 63 variáveis estudadas na área de APP do igarapé da Encrenca, município de Rolim de Moura – RO, 2023.

Nota: X1= pH da Água; X2= Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$); X3= Sólidos Totais (g/L); X4= Colônias Bacteriológicas (UFC-CF/100mL); X5= Colônias Bacteriológicas (UFC-CT/100mL); X6= Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); X7= Alcalinidade ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$); X8= Ca^{2+} em água ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$); X9= Mg^{2+} em água (mg/L); X10= Dureza ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$); X11= Na^{+} em água (mg/L); X12= K^{+} em água (mg/L); X13= NO_2^{-} em água (mg/L); X14= pH água do solo; X15= pH CaCl do solo; X16= M.O. do solo (g/dm^3); X17= P do solo (mg/dm^3); X18= K do solo (cmolc/dm^3); X19= Na do solo (cmolc/dm^3); X20= Ca do solo (cmolc/dm^3); X21= Mg do solo (cmolc/dm^3); X22= Al do solo (cmolc/dm^3); X23= H + Al do solo (cmolc/dm^3); X24= SB (cmolc/dm^3); X25= CTC (cmolc/dm^3); X26= Valor V (%); X27= Ca/Mg; X28= Ca/K; X29= Mg/K; X30= Saturação Por Ca (%); X31= Saturação Por Mg (%); X32= Saturação Por K (%); X33= Argila (g/kg); X34= Silte (g/kg); X35= Areia (g/kg); X36= Macroporosidade (m^3/m^3); X37= Microporosidade (m^3/m^3); X38= Porosidade Total (m^3/m^3); X39= Densidade (kg/dm^3); X40= Presença de erosão; X41= Presença de assoreamento; X42= Solo exposto; X43= Presença de animais de produção; X44= Presença de dejetos de animais de produção; X45= Presença de efluentes domésticos; X46= Presença de resíduos de deposição antrópica; X47= Presença de resíduos por deposição de enchentes; X48= Solo impermeabilizado (edificações, asfalto, etc); X49= Presença de espécies arbóreas superiores a DAP = 10 cm; X50= Presença de imóvel residencial; X51= Presença de imóvel comercial; X52= Presença de área de cultivo agrícola; X53= Presença de galeria; X54= Presença de vegetação adentrando o leito do rio; X55= Presença de aterramento; X56= Peso seco da fração Folha (g); X57= Peso seco da fração Flor (g); X58= Peso seco da fração Lignificado <1 cm de diâmetro (g); X59= Peso seco da fração Lignificado de 1 a 2,5 cm de diâmetro (g); X60= Peso seco da fração Capim (g); X61= Peso seco da fração Herbáceas (g); X62= Peso seco da fração Carvão (g); X63= Peso seco da fração Amorfo (g).

Os valores obtidos na primeira (ACP), tanto para o eixo x (Dim 1) e y (Dim 2), com valores próximos do ponto zero de ambos os eixos,

tem-se menor influência na análise, pois sua correlação é baixa para explicar o comportamento da degradação do ambiente. Quanto mais próximo

de zero, menor sua correlação, sendo então desconsiderados para a segunda análise de CP. Dessa maneira, selecionou-se 20 variáveis de interesse, de maior correlação (considerando os maiores positivos e negativos) dentro de Dim 1, como a condutividade. A correlação da variável X2= condutividade foi de 0,8883 dentro de Dim 1 e, quanto mais próximo de 1 ou -1, maior a correlação da variável, o que difere é o comportamento, se for um valor positivo. Então,

conforme o leito do rio chega próximo a sua foz, aumenta proporcionalmente o valor da condutividade.

A partir da seleção das variáveis foi recalculada a ACP, onde observou-se que com as 20 variáveis, obteve-se nos dois primeiros componentes principais (Dim 1 e Dim 2) uma explicação de 75,71% da variação dos dados, sendo que o Dim 1 e para Dim 2 explica respectivamente 62,32% e 13,39% da variância total (Figura 6).

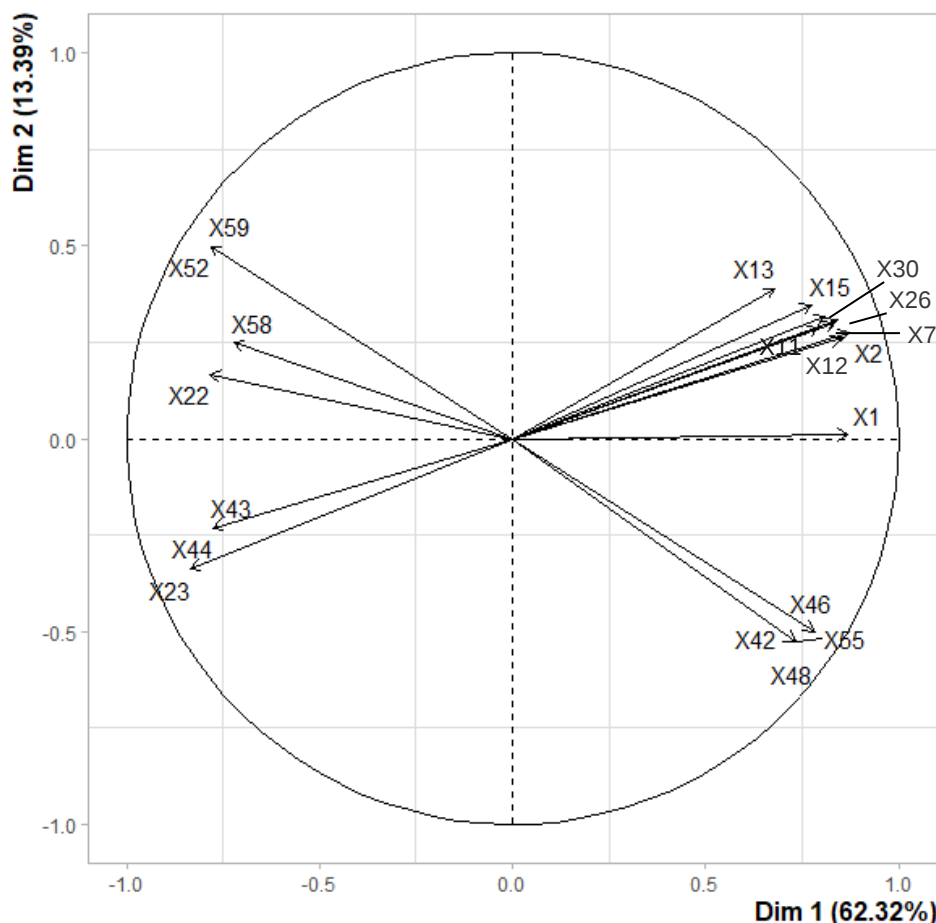


Figura 6. Eixos de ordenação produzidos pela análise de componentes principais com as 20 variáveis selecionadas, provenientes do estudo na área de APP do igarapé da Encrenca, município de Rolim de Moura – RO, 2023.

Nota: X1= pH da água; X2= condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$); X7= alcalinidade ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$); X11= Na^+ em água (mg/L); X12= K^+ em água (mg/L); X13= NO_2^- em água (mg/L); X15= pH CaCl_2 do solo; X22= Alumínio ($\text{Al cmolc}/\text{dm}^3$); X23= Hidrogênio + Alumínio ($\text{H} + \text{Al cmolc}/\text{dm}^3$); X26= Saturação de base ($\text{V} \%$); X30= Saturação por Ca ($\%$); X42= Presença de solo exposto; X43= Presença de animais de produção; X44= Presença de dejetos de animais de produção; X46= Presença de resíduos de deposição antrópica; X48= Solo impermeabilizado por edificações e asfalto; X52= Presença de área de cultivo agrícola; X55= Presença de aterramento; X58= Peso seco da fração lignificada <1 cm de diâmetro da serapilheira (g); X59= Peso seco da fração lignificada de 1 a 2, 5 cm de diâmetro da serapilheira (g).

Observando a correlação obtida na segunda ACP e graficamente, nota-se que para as variáveis há presença de basicamente duas relações

inversas. Na primeira relação, pode-se agrupar as variáveis X1= pH da água, X2= condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), X7= alcalinidade ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$), X11=

Na⁺ em água (mg/L), X12= K⁺ em água(mg/L), X13= NO₂⁻ em água (mg/L), X15= pH CaCl₂ do solo, X26= Saturação de base (V %) e X30= Saturação Por Ca (%), que apresentam correlação positiva para Dim 1 e 2, o que indica que ao decorrer do leito do rio há o aumento dessas variáveis, sendo que há influência de uma na outra.

Com o comportamento inverso a eles, pode-se agrupar as variáveis Hidrogênio + Alumínio (X23), presença de animais de produção (X43), presença de dejetos de animais de produção (X44), que apresentam correlação negativa para Dim 1 e 2, que possuem comportamento inversamente proporcional. A correlação representa a relação da correlação das variáveis das UAs, ou seja, conforme o rio se direciona a foz, localizada próximo ao centro urbano, menor a presença dessas variáveis. Esse resultado indica a saída da zona rural para a urbana, se a correlação for positiva, ocorrerá um crescimento da variável observada, enquanto a correlação negativa apresenta um comportamento contrário.

A segunda relação inversa, pode ser observada pelo agrupamento entre as variáveis presença de solo exposto (X42), presença de resíduos de deposição antrópica (X46), solo impermeabilizado por edificações e asfalto (X48), e presença de aterramento (X55), com correlação positiva para o Dim 1 e negativa para Dim 2. As variáveis que apresentam comportamento inverso são Alumínio (X22), presença de cultivo agrícola (X52), Peso seco da fração lignificado <1 cm de diâmetro da serrapilheira (X58) e peso seco da

fração lignificado de 1 a 2,5 cm de diâmetro da serrapilheira (X59), apresentando correlação negativa para o Dim 1 e positiva para Dim 2. Nota-se que X42, X46, X48 e X55 são correlatos e com crescimento proporcional, inferindo que, quanto mais próximo a foz, ou seja, quanto mais o rio adentra no perímetro urbano, maior será a área desflorestada, impermeabilização do solo por residências e asfalto, aterramento da margem do igarapé e deposição de resíduos por ação antrópica. Em contrapartida X22, X52, X58 e X59 são correlatos e com crescimento inverso, os parâmetros X58 e X59 são indicativos de presença de galhos na serrapilheira, que só foi evidenciado nas áreas de nascentes preservadas com APP, X52 indica atividade de área rural (fora do perímetro urbano) e X22 só foi encontrado valores elevados de Al nas nascentes preservadas. A relação inversa entre essas variáveis indica que as degradações ocorrem com maior intensidade conforme o se aproxima de sua foz e que quanto mais próximo da sua nascente mais preservado está o igarapé.

As variáveis, em relação as UAs, podem ser analisadas em conjunto (Figura 7), quando tem-se UAs P1-1 e P1-3 com correlação maior em relação aos indicadores de área rural e preservada (presença das variáveis X22, X52, X58 e X59 e ausência das X42, X46, X48 e X55). Em contrapartida, as UAs P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 e P9 tiveram crescimento das variáveis indicadoras de degradação (aumento de X1, X2, X7, X11, X12, X13, X15, X26 e X30 e a diminuição de X23, X43 e X44).

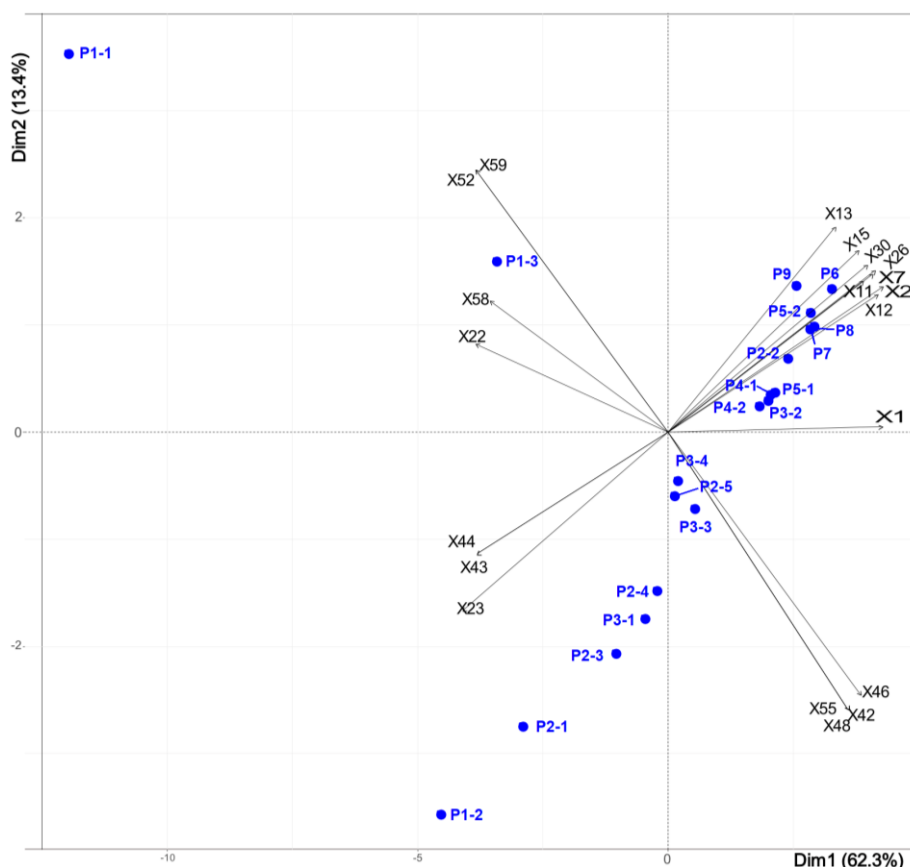


Figura 7. Eixos de ordenação produzidos pela análise de componentes principais com as 20 variáveis selecionadas, juntamente com as unidades amostrais estudadas na área de APP do igarapé da Encrenca, município de Rolim de Moura – RO, 2023.

Nota: pontos em azul, são as UAs; pontos em preto, são as variáveis; X1= pH da água; X2= condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$); X7= alcalinidade ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$); X11= Na^+ em água (mg/L); X12= K^+ em água (mg/L); X13= NO_2^- em água (mg/L); X15= pH CaCl_2 do solo; X22= Alumínio ($\text{Al cmolc}/\text{dm}^3$); X23= Hidrogênio + Alumínio ($\text{H} + \text{Al cmolc}/\text{dm}^3$); X26= Saturação de base ($\text{V} \%$); X30= Saturação Por Ca ($\%$); X42= Presença de solo exposto; X43= Presença de animais de produção; X44= Presença de dejetos de animais de produção; X46= Presença de resíduos de deposição antrópica; X48= Solo impermeabilizado por edificações e asfalto; X52= Presença de área de cultivo agrícola; X55= Presença de aterramento; X58= Peso seco da fração lignificada <1 cm de diâmetro da serapilheira (g); X59= Peso seco da fração lignificada de 1 a 2, 5 cm de diâmetro da serapilheira (g).

Entretanto, só com essas informações não é possível inferir quais UAs são semelhantes, com isso é realizado o agrupamento das UAs. Por meio da correlação existente entre elas, foi possível agrupar as UAs em dois grupos/zonas (Figura 8).

Com o agrupamento, percebe-se que as UAs P1-1, P1-2, P1-3, P2-1, P2-3, P2-4 e P3-1 compõem o grupo 1, foram agrupadas por apresentarem maior correlação com as variáveis X22, X23, X43, X44, X52, X58 e X59. Essas variáveis apresentam um comportamento inverso ao distanciamento das nascentes, conforme se distancia há a diminuição de seus valores, além de estarem presentes nos locais com menores valores de degradação evidenciados, indicando que as UAs

que estão mais preservadas. As demais UAs P2-2, P2-5, P3-2, P3-3, P3-4, P4-1, P4-2, P5-1, P5-2, P6, P7, P8 e P9, que compõem o grupo 2, foram agrupadas por apresentarem maior correlação com as variáveis X1, X2, X7, X11, X12, X13, X15, X26, X30, X42, X46, X48 e X55. Essas variáveis apresentam um comportamento proporcional ao distanciamento das nascentes, conforme se distancia há o aumentam seus valores, estão presentes nos locais com maiores valores de degradação evidenciados. Dessa maneira, essas variáveis podem então indicar as UAs que estão mais degradadas.

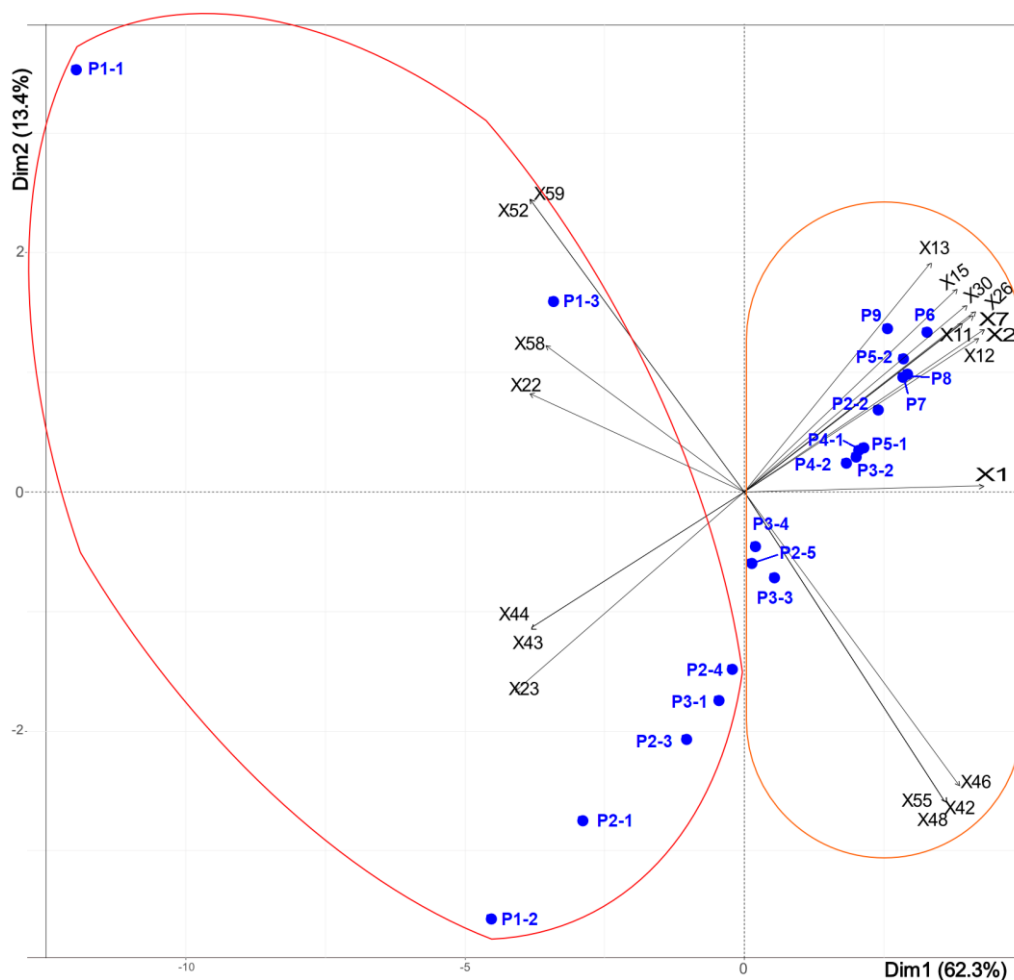


Figura 8. Agrupamento das unidades amostrais, pela correlação obtida da análise de componentes principais, juntamente com as variáveis mais influentes presentes nas unidades amostrais levantadas na APP do igarapé da Encrenca, município de Rolim de Moura – RO, 2023.

Nota: ○ = Indica o grupo/zona 1 das UAs; ○ = Indica o grupo/zona 2 das UAs; pontos em azul, são as UAs; pontos em preto, são as variáveis; X1= pH da água; X2= condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$); X7= alcalinidade ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$); X11= Na^+ em água (mg/L); X12= K^+ em água (mg/L); X13= NO_2^- em água (mg/L); X15= pH CaCl_2 do solo; X22= Alumínio ($\text{Al cmolc}/\text{dm}^3$); X23= Hidrogênio + Alumínio ($\text{H} + \text{Al cmolc}/\text{dm}^3$); X26= Saturação de base (V %); X30= Saturação Por Ca (%); X42= Presença de solo exposto; X43= Presença de animais de produção; X44= Presença de dejetos de animais de produção; X46= Presença de resíduos de deposição antrópica; X48= Solo impermeabilizado por edificações e asfalto; X52= Presença de área de cultivo agrícola; X55= Presença de aterramento; X58= Peso seco da fração lignificada <1 cm de diâmetro da serapilheira (g); X59= Peso seco da fração lignificada de 1 a 2, 5 cm de diâmetro da serapilheira (g).

Desconsiderando a nascente do rio principal que se encontra na zona rural, a UA seguinte é a P2-1, que se encontra na transição da área rural e urbana, e tem as nascentes presentes na área urbana (P1-2 e P1-3), que fazem parte do grupo 1. Em relação a P1-2, P1-3 e P2-1, as UAs parcelas no sentido do leito do rio são P2-3, P2-4 e P3-1 respectivamente e se encontram correlacionadas dentro do grupo 1. Entretanto, as próximas UAs pertencem ao grupo 2 e, considerando que cada parcela se localiza a 500 m de distância entre si, bastou pouco mais de 500 m

de percurso do leito do rio dentro do perímetro urbano, para a próxima UA perder a correlação com o grupo 1, onde se tem as UAs que estão aparentemente mais preservadas.

As variáveis investigadas na análise de solo podem ser classificadas (Sobral et al, 2015) como: O pH em CaCl_2 foi de 4 a 7,4 (Nascente a Foz - NaF apresentou um aumento de 162 %), variando de baixo ($\text{pH} < 5$) a alto ($\text{pH} > 6$). O pH baixo indica presença de alumínio trocável no solo, e, sabendo que as UA com o pH baixo são aquelas próximas à nascente, e nesses mesmos pontos, a

concentração de alumínio foi evidenciada, variando de 0 a 0,2 cmolc/dm³ (baixa concentração Al < 0,5 cmolc/dm³), corrobora-se com essa relação inversa entre pH e teor de alumínio no solo.

Em relação à variável Hidrogênio + alumínio (H+Al), houve relação inversa com o pH do solo, sendo que quanto menor o pH (ácido) mais alto o H+Al, pois a acidez ativa e trocável é representada predominantemente por eles na CTC do solo dependendo do pH, variando entre 0,2 a 7,8 cmolc/dm³ (NaF diminuição de 76 %) (Sobral et al, 2015).

A saturação por Cálcio (de 8 a 69 % da CTC do solo, NaF aumento de 550 %), evidencia a quantidade de Ca presente na Capacidade de Troca de Cátions. Como a maior concentração dessa variável foi mensurada em UAs mais próximas ao centro, esta variável relaciona-se com a presença de aterro, pois é característica dos aterros serem compostos por resíduos de construção civil (RCC), contendo diversos materiais com cálcio. Os RCCs em sua maioria são descartados de forma irregular, tendo como destino depressões no terreno, áreas de baixada e principalmente nas margens dos corpos d'água. A maior fração dos RCCs é representada pela argamassa e concreto, que são materiais alcalinos, o que significa que têm um pH elevado. Quando esses materiais entram em contato com o solo, podem causar uma elevação do pH e a correção do solo. Logo, a CTC em níveis elevados causa como reação, a diminuição da disponibilidade de nutrientes essenciais que limitam o crescimento das plantas (Brasil, 2022, Dutra e Matos, 2020).

Houve grande variação na saturação por base (V%) - de 22 a 96 % (NaF aumento de 332 %) - sendo que as UAs com menores valores desta, são as mais próximas às nascentes. Esse resultado justifica-se, pelo fato de que a presença de aterramento aumenta a saturação por base, pois os RCCs têm potencial de utilização para correção da acidez potencial do solo, com isso aumentando o V% (Dutra e Matos, 2020). Importante frisar, que de acordo com Taiz e Zeiger (2013), menores valores de saturação por base influenciam em maior absorção de elementos tóxicos, como Al³⁺ e H⁺. Nesse sentido, verifica-se a relação da referida variável com o pH, H+Al e na CTC do solo. A maior disponibilidade de íons (H+Al) na área da nascente promove a acidificação do solo, que foi o encontrado para esse local (baixo pH). Nesse caso, devido a solubilidade do Al e sua tendência hidrolisante, ao unir-se com a água, libera íons H⁺. Vale salientar também que a decomposição da

matéria orgânica também libera íons que contribuem para maior acidez do solo, como o hidrogênio e alumínio.

Nas proximidades da foz do igarapé houve elevação no percentual da saturação por base, que indica a porcentagem com que elementos considerados essenciais como Ca, Mg e K, estão ocupando a troca de cátions (Silva et al., 2020). Tal fato justifica-se pelas maiores concentrações de Ca à medida com que o curso d'água se aproxima do centro.

O pH da água oscilou entre 4,29 e 7,08 (NaF aumento de 161 %). Sendo que os maiores valores dessa variável aumentavam nas UAs conforme se distanciava da nascente e adentrava na cidade. Segundo Resolução CONAMA 357/2005 do Ministério do Meio Ambiente, a amplitude de pH adequada para sustentar a vida em ecossistemas de água doce varia de 5,0 a 9,0. Dessa maneira, foi constatado que as 3 nascentes analisadas estavam com valor inferior ao recomendado, indicando a entrada de substâncias ácidas na água logo nas nascentes, que está relacionada a maior acidez dos solos nestes pontos (Silva et al, 2008). Para Siqueira et al. (2012), é comum identificar valores menores de pH em águas amazônicas, tendo em vista a quantidade de compostos ácidos decorrentes da composição da matéria orgânica, bem como a contribuição da bacia hidrográfica e geológica da região.

O sódio (Na⁺) variou de 0,7 a 22,5 mg/L (NaF aumento de 2.414 %), o recomendado é que esteja em até no máximo 200 mg/L (Sedam, 2002), ou seja, essa variável está dentro dos padrões exigidos. O potássio (K⁺) variou de 0 a 3,4 mg/L (NaF aumento de 2800 %) e não possui parâmetros obrigatórios por lei.

O nitrito NO₂⁻ variou de 0,0000 a 0,0664 mg/L, aumentando conforme as UAs se distanciaram das nascentes (NaF aumento de 66.400 %), segundo Resolução CONAMA 357/2005, a concentração de nitrito na água deve ser inferior a 1 mg/L, estando dentro dos padrões recomendados.

A condutividade (μS/cm) variou de 4,3 a 194,6 (NaF aumento de 3.788 %), sendo que os menores valores foram encontrados nas UAs próximas às nascentes. A condutividade representa a concentração de íons ou sais dissolvidos na solução. De acordo com Maltezo (2023), essa variável é diretamente proporcional aos valores de pH e sódio, que quando estão elevados no ambiente, conferem maior capacidade de transportar eletricidade devido ao maior conteúdo

de bases e sais. Corroborando essa afirmativa, verificou-se maior acidez nas águas da nascente e consequentemente, menor condutividade e sais minerais. O aumento no parâmetro pode ser justificado pela deposição de efluentes industriais e/ou domésticos, escoamento superficial em área urbana, áreas agrícolas e alguns poluentes da atmosfera. Como citado anteriormente, foram constatados efluentes domésticos sendo depositados no rio em 12 UAs. Aliado a esse fato, a condutividade elétrica está correlacionada com o aumento de potássio e cálcio que são íons presentes na água, sendo recomendado no máximo 1.000.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estando dentro dos parâmetros recomendados (Silva et al, 2008).

A alcalinidade ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$), variou de 0 a 63 $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ (NaF aumento de 4.200 %), apresentando os menores valores nas UAs próximas às nascentes. Essa variável, conforme destacado por Maltezo (2023), refere-se a capacidade da água de neutralizar ácidos e está diretamente relacionada com o pH. Ainda de acordo com a autora, tal capacidade possui influência de rochas calcárias, que disponibiliza maior quantidade de calcário e carbonatos, como também o despejo de efluentes no curso hídrico. A alcalinidade é a soma das bases dissolvidas na água, representando a capacidade da água de neutralizar sua acidez ou capacidade de tamponamento da água. Pode ser influenciada pela presença de bases do solo, sendo evidenciado o aumento das bases no solo ao longo do rio e por consequência a alcalinização do solo e água (Queiroz e Boeira, 2006).

Destaca-se que as variáveis pH da água, condutividade, alcalinidade, Na^+ em água, K^+ em água, NO_2^- em água, pH CaCl_2 do solo, Saturação de base e Saturação Por Ca, se alteram ao longo do curso do igarapé. Por mais que se encontrem dentro dos limites aceitáveis, é evidente a alteração nos fatores avaliados no estudo, sendo essa alteração resultado da diminuição da qualidade da água, principalmente por deposição de efluentes diretamente na água e aterramento com RCC à margem do rio.

Dessa maneira, é possível compreender que o igarapé encrenca, cruza quase que em sua totalidade na zona urbana (91,24%), que a nascente do rio principal (P1-1) e nascente presente no Parque Municipal Rolim de Moura (P1-3), possuem, até o momento, reduzidos processos de degradação. Também, observou-se no igarapé indicadores para zona rural, localizada próxima a nascente do rio principal, perdendo esses à medida

que adentra na cidade. As variáveis X1, X2, X7, X11, X12, X13, X15, X26, X30, X42, X46, X48 e X55 estão correlacionados positivamente, seus comportamentos estando diretamente relacionados com o sentido do rio (maior a distância da nascente tende a aumentar os valores dessas variáveis), enquanto as variáveis X22, X23, X43, X44, X52, X58 e X59 estão inversamente relacionadas, sendo possível agrupar as variáveis mensuradas em dois grupos: o grupo 1, tem como característica a presença das UAs mais próximas às nascentes, que estão mais preservadas; e o grupo 2, tem como característica a presença das UAs mais próximas do centro urbano, onde se localiza a foz, que estão mais degradadas. Os igarapés urbanos são extremamente importantes para a manutenção dos serviços ecossistêmicos das APPs, trazendo maior qualidade de vida inclusive para aqueles que habitam próximos. Nesse sentido, devido ao diagnóstico elencado acima, de baixa qualidade ambiental, é vital a maior atenção ao igarapé Encrenca.

Conclusões

Através desse estudo, foi possível realizar o levantamento e análise de parâmetros que demonstram as alterações ocorridas e que podem servir de indicadores de qualidade ambiental práticos, aplicáveis a campo e que foram mais sensíveis às alterações ocorridas no espaço. Nesse sentido, verificou-se que as variáveis alumínio e hidrogênio + alumínio no solo, presença de animais de produção, dejetos de animais de produção, área de cultivo agrícola, aumento do peso seco da fração lignificada <1 cm de diâmetro da serapilheira e o peso seco da fração lignificada de 1 a 2,5 cm de diâmetro da serapilheira, constantes no grupo 1, indicam ambientes com maior preservação, localizados próximos à nascente do igarapé. Por outro lado, no grupo 2, identificou-se variáveis provenientes de áreas com maior degradação, localizadas no perímetro urbano, próximo à foz, sendo aumento do pH da água, condutividade, alcalinidade, Na^+ em água, K^+ em água, NO_2^- em água, pH CaCl_2 , saturação por base e saturação por Ca, presença de solo exposto, presença de resíduos de deposição antrópica, solo impermeabilizado por edificações e asfalto, e de aterramento.

Com isso pode-se inferir que o igarapé da Encrenca tem aumento do seu nível de degradação, conforme ele se distancia de suas nascentes e se aproxima de sua foz, que se encontra próximo ao centro urbano de Rolim de Moura. Logo, é

necessário que mais estudos sejam desenvolvidos com vistas a restauração desses ambientes, levando-se em conta a integração dos compartimentos ambientais e a perda de serviços ecossistêmicos, alterando a dinâmica natural do igarapé e afetando sua capacidade de suporte e resiliência ao longo do tempo.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio concedido pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Universidade Federal de Rondônia, ao laboratório REProFlor e de Solos pelo auxílio nas análises realizadas.

Referências

- Alves, P. F. S., Kondo, M. K., Ferreira, V. G., Silva, R. F., & Guerra, J. V. S., 2021. Variabilidade espacial e análise multivariada dos atributos físicos do solo em uma microbacia do rio Pandeiros. *Geo Uerj*, 39, e40190-e40190. Disponível: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2021.40190>.
- Alves, R. S., 2022. Manual de procedimentos operacionais padrões para análises/ Ronapablo da Silva Alves. Rolim de Moura.
- Blow, F. E., 1955. Quantity and hydrologic characteristics of litter under upland oak forests in Eastern Tennessee. *Journal of Forestry*, 53, 190-195.
- Boulanger, P. M., 2008. Sustainable development indicators: a scientific challenge, a democratic issue. *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, 1,1. Disponível: <https://journals.openedition.org/sapiens/166>. Acesso: jun. 2024.
- Brasil, 2005. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcdal_trd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso: jun. 2023.
- Brasil, 2022. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. Disponível: <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Planares-B.pdf>. Acesso: jun. 2023.
- Carvalho, E. C. L., 2017. O processo de colonização e urbanização na Amazônia. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*. Disponível: <http://www.eumed.net/rev/cccs/2017/01/colonizacion.html>. Acesso: jun. 2024
- Casagrande, P., 2013. Córrego desagradado moradores pela quantidade de lixo, em Rolim de Moura. Disponível: [https://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2013/07/corrego-desagrada-moradores-pela-](https://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2013/07/corrego-desagrada-moradores-pela-quantidade-de-lixo-em-rolim-de-moura.html)
- quantidade-de-lixo-em-rolim-de-moura.html>. Acesso: jun. 2022
- Castro, C. O., Loureiro, Ó. C. S., Santos, A. V., Silva, J., & Rauen, W. B., 2017. Water sustainability assessment for the region of Curitiba. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 8, 2, 184-194. Disponível: <https://doi.org/10.12972/susb.20170016>.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, 2011. Guia nacional de coleta de preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília, DF: ANA.
- Cruz D.C., Ferreira G.C., Ribeiro S.S., Schwartz G., Monteiro, A., 2022. Priority areas for restoration in permanent preservation areas of rural properties in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 115, 106030. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106030>
- Dutra, V. M.; Matos, A. T., 2020. Analysis of the use of construction waste as soil acidity corrective. *Revista Engenharia na Agricultura - REVENG*, 1, 28, 446-450. Disponível: 10.13083/reveng.v29i1.8852. Acesso: jun. 2023.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2011. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- Fundação Nacional de Saúde. 2004. Manual de Saneamento. Disponível: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/ambiente/Manual%20de%20Saneamento.pdf>. Acesso: jun. 2022
- Januário, M. L., 2013. Rolim de Moura: Uma Viagem no Tempo. Ed 1. Rolim de Moura: Narrativa.
- Lê, S., Josse J., Husson, F., 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25,1, 1-18. Disponível: 10.18637/jss.v025.i01

- Maltezo, K. F. A., 2023. Água superficial, solo e serapilheira em gradientes de ocupação de áreas de preservação permanente na Microbacia do Rio Manicoré. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Rondônia. Repositório da Universidade Federal de Rondônia. Disponível: <https://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/5024/1/%c3%81gua%20superficial%2c%20solo%20e%20serapilheira%20em%20gradientes%20de%20ocupa%c3%a7%c3%a3o%20de%20c3%a1reas%20de%20preserva%c3%a7%c3%a3o%20permanente%20na%20Microbacia%20do%20Rio%20Manicor%c3%a9..pdf>Acesso: jun. 2024.
- MapBiomas, 2023 – Coleção 8 do Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil. Disponível: <https://mapbiomas.org/>. Acesso: jun. 2024.
- Parente, E. B., da Silva, L. V. A., & da Silva, W. C., 2021. Desmatamento na Amazônia: O desmatamento em vista da expansão pecuarista no município de Xinguara - PA. *Revista GeoAmazônia*, 9, 17, 126-142. Disponível: <http://dx.doi.org/10.18542/geo.v9i17.12580>
- Penna, M. C. M., Costa, R. A., (2020). A questão hídrica e a dinâmica de consumo de água para abastecimento doméstico na cidade de Ituiutaba-MG. *Caminhos de Geografia*, 21, 77,234-252.Disponível: <http://doi.org/10.14393/RCG217756045>
- Pires, A., Morato, J., Peixoto, H., Bradley, S., & Muller, A. (2020). Synthesizing and standardizing criteria for the evaluation of sustainability indicators in the water sector. *Environment, development and sustainability*, 22(7), 6671-6689. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00508-z>
- Queiroz, J. F.; Boeira, R. C., 2006. Calagem e controle da acidez dos viveiros de aquicultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. Disponível: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/83130>>. Acesso: jun. 2023.
- Rice, E. W., 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Rolim de Moura, 2021. Rolim de Moura chega aos 38 anos em pleno desenvolvimento. Disponível: <https://rolimdemoura.ro.gov.br/?p=1823>>. Acesso: jun. 2022.
- Rondônia, 2002. Decreto Estadual nº 10.114, de 20 de setembro de 2002. Disponível: <https://coreh.sedam.ro.gov.br/wp-content/uploads/2019/03/Par%C3%A2metros-Para-An%C3%A1lises-de-Pontos-de-CAPTA%C3%87%C3%83O.pdf>>. Acesso: jun. 2022.
- Sánchez, L. E., 2013. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos.
- Silva, A. de S.; Silva, C. M. M. de S.; Santos, D. N. dos; Fay, E. F.; Brito, L. T. de L., 2008. Gestão das águas de uso doméstico provenientes de cisternas domiciliares. EMBRAPA. Petrolina, Embrapa Semiárido. Capítulo 5, 79-97. Disponível: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/161493/1/artigo5.pdf>>. Acesso: jun. 2022.
- Silva, M. O., Veloso, C. L., do Nascimento, D. L., de Oliveira, J., de Freitas Pereira, D., & da Silva Costa, K. D., 2020. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. *Brazilian Journal of Development*, 6, 7, 47838-47855. Disponível:10.34117/bjdv6n7-431
- Silva, F. M. A, Bandeira, A. P. N., Cardoso Ribeiro, S., Martins de Moura-Fé, M., & da Silva Brito, D., 2021. Zoneamento de áreas de risco geomorfológico: caso do bairro Bela Vista (Barbalha, Ceará). *OKARA: Geografia em Debate*, 15, 1.
- Silva, K. R. S., Vidal, M. R., 2022. Caracterização física da bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas/PA. *Revista Presença Geográfica*, 9,2,151-167. Disponível: <https://doi.org/10.36026/rpgeo.v9i2.7210>
- Siqueira, G. W., Aprile, F., Miguéis, A. M., 2012. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará - Brasil). *Acta Amazônica*. 42,3,413-422.Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000300014>. Acesso: dez. 2022
- Sobral, L. F., Barreto, M. C. V., Silva, A. J., Anjos, J. L., 2015. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos, 15, Aracaju-SE. Disponível: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1042994>>. Acesso: jun. 2022.
- Souza, R. P.; Silveira, S. S., 2021. Análise da Qualidade do Corpo Hídrico do Rio Anta

Atirada no Município de Rolim de Moura/RO uma Revisão. In: V Simpósio de Recursos Hídricos & I Congresso Internacional Diálogo Fluvial, Rolim de Moura. Disponível: <https://simposiohidrico.unir.br/uploads/26484096/arquivos/12_2131756925.pdf>. Acesso: jun. 2022.

Steffen, C. A., 2006. Introdução ao Sensoriamento Remoto. Disponível: <http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm#top>>. Acesso: jun. 2022.

Taiz, L., Zeiger, E., 2013. Fisiologia Vegetal. 5. ed. Porto Alegre-RS: Artmed.