

**METODOLOGIA DE ANÁLISE FÍSICO-AMBIENTAL EM BACIA
HIDROGRÁFICA NO SUDOESTE AMAZÔNICO: estudo da bacia
do Rio Judia – Acre – Brasil**

**METHODOLOGY OF PHYSICAL-ENVIRONMENTAL ANALYSIS IN A
HYDROGRAPHIC BASIN IN THE AMAZON SOUTHWESTERN: study of the
Judia River basin – Acre – Brazil**

**METODOLOGÍA DE ANÁLISIS FÍSICO Y AMBIENTAL EN UNA CUENCA
HIDROGRÁFICA DE LA AMAZONÍA SUROESTE: estudio de la cuenca del Río
Judia – Acre – Brasil**

Francisco Ivam Castro do Nascimento

Mestre em Desenvolvimento Regional pela Universidade Federal do Acre – UFAC.
ivam.nc@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0003-1011-2076>

Waldemir Lima dos Santos

Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Professor da
Graduação em Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal
do Acre – PPGeo/UFAC. Líder do grupo de pesquisa Estudos em Geomorfologia e Dinâmica de
Bacia Hidrográfica – GEODINÂMICA.
waldemir_geo@yahoo.com.br / <http://orcid.org/0000-0002-5306-5612>

Derlangela Lira da Silva

Graduada em Geografia e Especialista em Tecnologia da Informação e Comunicação pela
Universidade Federal do Acre – UFAC.
daysemargarida2008@hotmail.com / <http://orcid.org/0000-0001-6136-0112>

Recebido: 03/02/2020; Aceito: 10/12/2020; Publicado: 04/04/2021.

RESUMO

Neste trabalho foi aplicada a metodologia do Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC) na bacia hidrográfica do Rio Judia, localizada em Rio Branco – Acre. Para isso, os parâmetros foram adaptados para a realidade local, sendo aplicados por meio de técnicas de geoprocessamento, a fim de identificar e quantificar o grau de degradação da bacia hidrográfica entre os anos de 2006 à 2019. Os resultados apontaram que, o médio curso obteve o maior grau de degradação, 23. O baixo curso obteve valor 22 e o alto curso valor 21. Todos os três cursos da bacia hidrográfica tiveram valores elevados de degradação, indicando que recursos naturais como solo, floresta e água encontram-se ameaçados por atividades antrópicas como: pecuária, uso indiscriminado da água e ocupações irregulares. Conclui-se que a metodologia do DFC possibilitou a identificação quanto ao grau de degradação da bacia do Rio Judia, apontando os parâmetros que mais contribuíram para o atual cenário ambiental.

Palavras-chave: Análise Ambiental; Uso da Terra; Degradação Ambiental; Geotecnologias.

ABSTRACT

In this work, the methodology of physical conservationist diagnosis (DFC) was applied in the Judia River basin, located in Rio Branco - Acre. For this, the parameters were adapted to the local reality,

being applied through geoprocessing techniques, in order to identify and quantify the degree of degradation of the watershed between 2006 and 2019. The results showed that the mean course obtained the highest degree of degradation, 23. The low course obtained value 22 and the auto course value 21. All three courses of the watershed had high degradation values, indicating that natural resources such as soil, forest and water are threatened by anthropic activities such as livestock, indiscriminate use of water and irregular occupations. It was concluded that the DFC methodology allowed the correct identification of the degree of degradation of the Judia River basin, pointing out the parameters that most contributed to the current environmental scenario.

Keywords: Environmental Analysis; Land Use; Environmental Degradation; Geotechnologies.

RESUMEN

En este trabajo, la metodología de diagnóstico físico conservacionista (DFC) se aplicó en la cuenca del río Judia, ubicada en Rio Branco - Acre. Para ello, los parámetros se adaptaron a la realidad local, siendo aplicados a través de técnicas de geoprocésamiento, con el fin de identificar y cuantificar el grado de degradación de la cuenca hidrográfica entre 2006 y 2019. Los resultados mostraron que el curso medio obtuvo el mayor grado de degradación, 23. El curso bajo obtuvo el valor 22 y el valor del alto curso 21. Los tres cursos de la cuenca tenían altos valores de degradación, lo que indica que los recursos naturales como el suelo, los bosques y el agua están amenazados por actividades antropas como el ganado, el uso indiscriminado del agua y las ocupaciones irregulares. Se llegó a la conclusión de que la metodología del DFC permitía la correcta identificación del grado de degradación de la cuenca del Río Judia, señalando los parámetros que más contribuyeron al escenario ambiental actual.

Palabras clave: Análisis Ambiental; Uso de la Tierra; Degradación Ambiental; Geotecnologías.

INTRODUÇÃO

A degradação ambiental de uma bacia hidrográfica (BH) pode ser resultado de uma série de ações geradas por atividades antrópicas. Assim, estudos que avaliem o estado da qualidade ambiental de uma bacia são recorrentes (OLIVEIRA; GALVÍNCIO, 2008). De acordo com Leal (2012) apud Ramos et al. (2018), um instrumento para o manejo sustentável de uma bacia hidrográfica é o planejamento ambiental.

A degradação dos recursos naturais nos dias atuais é um processo que deve ser contido através da adoção de metodologias capazes de predizer e diagnosticar os impactos ambientais gerados pelas atividades antrópicas. O Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC) de bacias hidrográficas é uma das metodologias existentes para diagnosticar os impactos ambientais negativos e ajudar no planejamento ambiental em bacias hidrográficas. Também busca diagnosticar áreas vulneráveis à degradação ambiental em BH's utilizando ferramentas de mapeamento e parâmetros descritivos (BELTRAME, 1994).

A utilização de BH's como unidades de planejamento possibilita a adoção de estratégias integradas envolvendo instituições de ensino, pesquisa e governos. A adoção destas estratégias favorecem a elaboração de medidas para beneficiar as populações locais e o meio ambiente em que vivem. A BH também pode ser considerada a unidade de

planejamento que melhor se encaixa com os propósitos da metodologia do diagnóstico físico conservacionista.

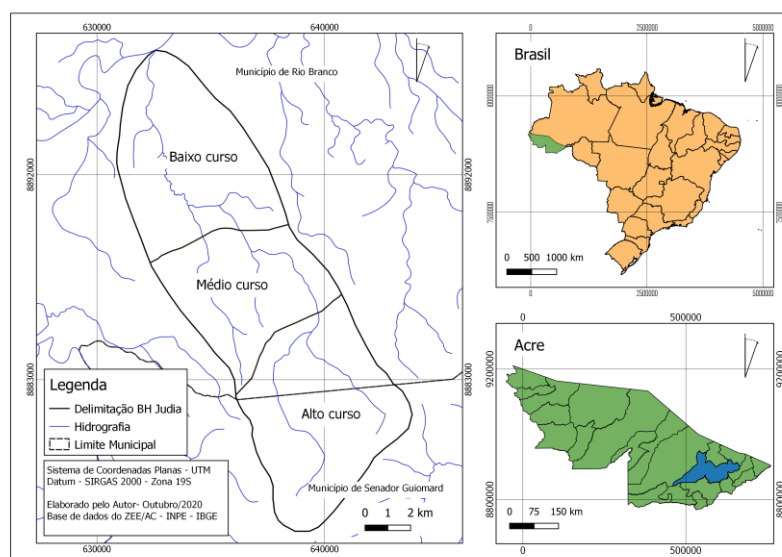
Diante disto este trabalho tem como objetivo aplicar a metodologia proposta pelo DFC para a bacia do Rio Judia, por meio da obtenção de parâmetros descritivos adaptados à realidade local, para diagnosticar o grau de degradação em que se encontra a área em estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da área de estudo

A metodologia proposta pelo DFC foi aplicada na bacia do Rio Judia, localizada entre os municípios de Rio Branco e Senador Guimard – Acre, tendo aproximadamente 12.300 hectares (Figura 1). Esta BH congrega os principais rios que cortam os municípios de Rio Branco e Senador Guimard, sendo de grande importância para o abastecimento hídrico destes dois municípios.

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Autores, 2020.

A nascente do rio principal, que dá nome a bacia hidrográfica, está localizada entre as coordenadas 10°9'14" S e 67°44'14" W na zona urbana do município de Senador Guimard e a foz entre as coordenadas de 9°58'24" S e 67°47'30" W na zona urbana do município de Rio Branco.

Procedimentos para a obtenção dos parâmetros físico-ambientais

De acordo com Nascimento et al. (2013), o processo de descrição física de bacias hidrográficas é de extrema importância para os estudos ambientais e projetos de preservação e conservação dos recursos hídricos. Este processo de descrição pode ser feito por meio de diversas metodologias, entre elas a coleta de dados para a medição de parâmetros específicos.

O trabalho possui uma escala temporal de 13 anos, compreendendo entre os anos de 2006 a 2019. Esse intervalo de tempo permitiu elaborar cenários mais confiáveis e diagnósticos mais condizentes com a realidade referente à cobertura vegetal original e atual da área em estudo.

Para a elaboração deste trabalho foi primeiramente definido os índices de degradação de cada parâmetro (Quadro 1).

Quadro 1 – Parâmetros e seus valores mínimos e máximo de degradação

Parâmetro	Valor mínimo de degradação	Valor máximo de degradação
Cobertura Vegetal Original (CO)	1	10
Vulnerabilidade dos solos pela ação das chuvas (V)	1	3
Declividade média (DM)	1	4
Potencial erosivo dos solos (PE)	1	5
Uso e Ocupação da Terra (UOT)	1	7
Densidade de drenagem (DD)	1	4
TOTAL	6	33

Fonte: Beltrame (1994), adaptado pelos autores (2019).

As definições dos valores mínimo e máximo referentes aos parâmetros levaram em consideração a sua capacidade de contribuição para a degradação da bacia hidrográfica. O valor mínimo que se pode obter com a aplicação de todos os parâmetros são 6 (seis), indicando que a bacia está preservada e, portanto, não está sujeita a processos de degradação. O valor máximo é 33 (trinta e três), indicando que a bacia encontra-se degradada.

Cobertura vegetal original (CO)

O objetivo deste parâmetro é comparar o percentual de semelhança entre a cobertura vegetal original com a cobertura vegetal atual. A cobertura vegetal original refere-se a vegetação existente na área de estudo antes de qualquer interferência antrópica. Conforme o Zoneamento Ecológico Econômico do estado do Acre (ZEE, 2010), a

cobertura vegetal existente na bacia do Rio Judia antes de qualquer interferência humana era composta por floresta aberta com bambu (FAB) e floresta aberta com palmeira (FAP).

Para a determinação do percentual de semelhança foram utilizados os softwares de geoprocessamento Spring 5.2.1.1 e QGIS 2.18 para o tratamento dos dados referente à cobertura vegetal original e atual e posterior quantificação da vegetação existente no alto, médio e baixo curso (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação quanto ao grau de semelhança existente entre a vegetação atual e original (CO)

GRAU DE SEMELHANÇA	ÍNDICE
91 – 100%	1
81 - 90%	2
71 – 80%	3
61 – 70%	4
51 – 60%	5
41 – 50%	6
31 – 40%	7
21 – 30%	8
11 – 20%	9
1 – 10%	10

Fonte: Marnr (1978) apud Beltrame (1994) e adaptador pelos autores (2019).

Por meio da Tabela 1 é possível determinar quão semelhante é um determinado setor da BH do Rio Judia em relação à cobertura vegetal original. Neste caso, se um determinado setor apresentar índice 1, significa que este ainda permanece com toda a sua cobertura vegetal. Se obtiver índice 10, toda a vegetação original deste setor foi retirada. Para calcular a vegetação existente na BH em estudo foi utilizada imagem do satélite *Landsat* 8 do ano de 2019, bandas RGB 4,5 e 6, órbita 002 e ponto 67 com resolução espacial de 30 metros. Esta imagem foi classificada no *software Spring* 5.2.1.1 por meio do método de máxima verossimilhança (MaxVer) e depois tratada no *software QGIS* 2.18 para a quantificação dos dados.

Vulnerabilidade dos solos a erosão pela ação das chuvas (V)

Crepani (2004) afirma que os valores de intensidade pluviométrica podem ser considerados representantes de energia potencial disponível para se transformar em energia cinética responsável pela erosividade da chuva.

Logo, pode-se dizer que, quanto maiores os valores da intensidade pluviométrica, maior é a erosividade da chuva, podendo criar uma escala de erosividade da chuva que represente a influência desse elemento climático nos processos morfodinâmicos. A escala de erosividade da chuva foi construída de maneira a comportar 21 classes de erosividade

(CREPANI et al., 2004), e associa valores relativos variando de 1,0 a 3,0 de vulnerabilidade à perda de solo (Quadro 2).

Quadro 2 – Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo

Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade
< 50	1,0	200 – 225	1,7	375 – 400	2,4
50 – 75	1,1	225 – 250	1,8	400 – 425	2,5
75 – 100	1,2	250 – 275	1,9	425 – 450	2,6
100 – 125	1,3	275 – 300	2,0	450 – 475	2,7
125 – 150	1,4	300 – 325	2,1	475 – 500	2,8
150 – 175	1,5	325 – 350	2,2	500 – 525	2,9
175 – 200	1,6	350 – 375	2,3	> 525	3,0

Fonte: Crepani et. al. (2004, p. 19).

A intensidade pluviométrica define o grau de vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos. Os valores de vulnerabilidade próximos ou igual a 1,0 representam uma menor intensidade de chuva por mm/mês, enquanto que valores próximos ou igual a 3,0 possuem alta vulnerabilidade. A partir das informações do quadro 2 foi elaborada uma classificação de vulnerabilidade conforme os valores pluviométricos para a BH do Rio Judia (Quadro 3).

Quadro 3 – Classificação dos índices de vulnerabilidade para a BH do Rio Judia - Acre

Valores	Vulnerabilidade	SÍMBOLO
1,0 – 1,6	Baixa	V1
1,7 – 2,3	Média	V2
2,4 – 3,0	Alta	V3

Fonte: Adaptado de Crepani et. al. (2004, p. 19).

Para encontrar o índice de vulnerabilidade dos setores do Rio Judia, levou-se em consideração os valores pluviométricos referentes aos anos entre 2006 a 2019. Após a obtenção da vulnerabilidade mensal de cada ano, chegou-se a média da vulnerabilidade anual, dividindo todos os valores de vulnerabilidade encontrados nos meses do ano por 12 (número de meses no ano). Obtendo os valores de vulnerabilidade anual entre os anos de 2006 a 2019, foram encontrados os valores finais de vulnerabilidade, dividindo todos os valores anuais por 13 (número de anos analisados). Estes valores, conforme o Quadro 3, classifica os setores em baixo, médio ou alta vulnerabilidade à ação das chuvas. Os dados primários foram adquiridos por meio do programa Acre bioclima da Universidade Federal do Acre.

Declividade Média (DM)

A declividade média é um importante parâmetro, pois além de demonstrar características do relevo ainda está associada a maior ou menor sinuosidade dos rios (VIEIRA, 2019).

Este parâmetro corresponde à velocidade com que se dá o escoamento superficial, contribuindo com o processo de mudança do curso dos rios e com a mudança da geomorfologia das áreas banhadas por estes cursos d' água. A declividade média da área em estudo foi calculada de acordo com Wisler e Brater apud Lima (2008), através da fórmula (1) e com técnicas de geoprocessamento por meio do software QGIS 2.18.

$$DM = \frac{L.C.N \times E}{A} \quad (1)$$

Onde:

DM = declividade média;

L. C. N. = longitude das curvas de nível (por sub-bacia);

E = equidistância entre curvas de nível;

A = área da bacia

A obtenção da declividade média é importante para o DFC porque indica quais áreas possuem um maior potencial de erosão e/ou degradação dos solos. As classes de declividade e relevo estão contidas no Quadro 4, bem como os símbolos e seus respectivos subíndices.

Quadro 4 – Classes de declividade, respectivos símbolos e índices utilizados no DFC da área de estudo.

DECLIVIDADE	RELEVO	SÍMBOLO E SUB-ÍNDICE
Até 8%	Suave ondulado	DM1
9 a 20%	Ondulado	DM2
21 a 45%	Forte ondulado	DM3
acima de 45%	Montanhoso a escarpado	DM4

Fonte: Lemos e Santos (1982) apud Beltrame (1994).

Potencial erosivo dos solos (PE)

Para a elaboração do mapa de potencial erosivo dos solos, utilizaram-se as informações de solos e declividade do Zoneamento Ecológico Econômico do estado do Acre (ACRE, 2010), sendo o relevo um parâmetro auxiliar à informação de declividade. O mapa do potencial erosivo dos solos foi elaborado no software QGIS 2.18. Este mapa foi elaborado a partir da correlação das classes de solo e declividade.

As classes de declividade assim como os tipos de solos receberam valores de acordo com o seu potencial de contribuição à erosão dos solos. Solos com maior grau de erodibilidade receberam valores maiores. Áreas com maiores declividades, por conseguinte, foram classificadas com um potencial erosivo maior. Correlacionando solos e declividade pode-se chegar aos seguintes cenários:

- 1) solos com alto grau de erodibilidade localizados em uma área com alta declividade geram solos com alto potencial erosivo. Estas áreas podem receber índice entre 4 e 5, indicando que além de serem áreas com alto potencial erosivo também são áreas mais vulneráveis a degradação ambiental.
- 2) solos com alto grau de erodibilidade localizados em áreas com baixa declividade possuem potencial erosivo baixo ou muito baixo.

Para classificar o grau de erodibilidade dos solos foi utilizada a metodologia proposta por Xavier (2010) apud Santos (2013) (Quadro 5).

Quadro 5 – Grau de erodibilidade dos solos

Grau de erodibilidade	Unidades pedológicas
1 – Muito baixo	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo de textura argilosa; Solos Hidromórficos em relevo plano; Gleissolos, Planossolos, Organossolos, Neossolos Quartzarênicos em relevo plano.
2 – Baixo	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo de textura média argilosa; Terra Roxa estruturada; Latossolo Vermelho Escuro.
3 – Médio	Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho escuro, textura argilosa. Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa e média; Latossolos Vermelho Amarelo; Terra Bruna.
4 Alto	Argissolo Vermelho Amarelo não abrupto, textura média – argilosa e média; Cambissolos; Argissolos Vermelho Amarelo de textura médio – arenosa.
5 Muito Alto	Cambissolos, Neossolos Litólicos, Argissolos Vermelho Amarelo e Vermelho escuro abruptos, textura arenosa – média; Neossolos Quartzarênicos em relevos suave – ondulado e ondulado

Fonte: Xavier (2010) apud Santos (2013).

O potencial erosivo dos solos foi medido a partir das informações relacionadas à declividade e ao relevo. Para a bacia do Rio Judia foram adotadas cinco classes de declividade que mais se adequaram ao relevo local, não existindo áreas com declividades maiores que 34% (Tabela 2).

Tabela 2 – Grau de potencialidade erosiva da terra a partir de informações da declividade e do relevo

Declividade (%)	Relevo	Grau de potencialidade Erosiva
0 – 3	Plano	1 - Muito fraco
3 – 8	Suave Ondulado	2 – Fraco
8 -12	Ondulado	3 – Moderado
12 – 20	Moderadamente Ondulado	4 – Forte
20 – 34	Forte Ondulado	5 - Muito forte

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A partir da metodologia proposta por Sátiro (2013), que envolveu informações de pedologia, geomorfologia e geologia, foi proposta uma nova metodologia para a elaboração do potencial erosivo dos solos na área de estudo, envolvendo informações de solo, relevo e declividade, por considerar que estas informações também podem ser úteis na elaboração do mapa do potencial erosivo dos solos para a área em estudo.

A interpolação das ponderações das classes de relevo, solos e declividade foi definida a partir da ferramenta de geoprocessamento intitulada *union*, a qual permitiu unir as informações contidas na tabela de atributos de cada mapa. Logo em seguida, utilizou-se a ferramenta *dissolve* para que as áreas com o mesmo valor de média dos fatores ponderados se unissem como um só polígono, permitindo a obtenção do potencial erosivo dos solos (Tabela 3). Quando um determinado setor da bacia obtiver potencial erosivo 2,5, este valor será arredondado para 3, sempre obtendo, neste caso, número inteiro.

Tabela 3 – Escalonamento dos índices do potencial erosivo do solo (PE)

POTENCIAL EROSIVO	SÍMBOLO	ESCALONAMENTO DO POTENCIAL EROSIVO DO SOLO*
Muito baixo	PE-1	0,0 - 1
Baixo	PE-2	1,1 – 2
Médio	PE-3	2,1 – 3
Alto	PE-4	3,1 – 4
Muito Alto	PE-5	4,1 – 5

Fonte: Adaptado de Beltrame (1994, p. 75).

* Resultado da soma do grau de erodibilidade (quadro 5) com o grau de potencialidade erosiva (Tabela 2) dividido por 2 (dois).

Uso e Ocupação da Terra (UOT)

Segundo Beltrame (1994), o parâmetro Cobertura Vegetal Atual, que envolve o uso e ocupação da terra, tem como objetivo o conhecimento do grau de proteção que a vegetação proporciona ao solo. Neste sentido, a metodologia do DFC estabelece a necessidade de confecção de um mapa de uso da terra, apresentando os distintos tipos de cobertura vegetal existentes na bacia.

Juntamente com a classificação da proteção fornecida ao solo pelas diferentes classes de uso e ocupação da terra houve a necessidade de escalonamento dos índices de proteção, que varia de 0 (zero) quando a área está degradada, e 1 (um) quando a área ainda não sofreu com as atividades antrópicas (Tabela 4). Cada índice de proteção representa um grau de degradação específico.

Tabela 4 – Índice e símbolo de proteção da vegetação

ÍNDICE DE PROTEÇÃO (escalonamento dos índices)	GRAU DE DEGRADAÇÃO
1	1
0,8 – 0,99	2
0,6 – 0,79	3
0,4 – 0,59	4
0,2 – 0,39	5
0,0 – 0,19	6
0,0	7

Fonte: Beltrame (1994, p. 42).

Cada classe de uso e cobertura da terra fornece ao solo uma proteção específica. Algumas atividades, como a pecuária, são mais prejudiciais ao solo que atividades do tipo extrativistas. Isso permite afirmar que áreas com vegetação natural possuem um maior grau de proteção ao solo que áreas com atividades antrópicas agrícolas.

O índice de proteção fornecido pelos diferentes tipos de uso do solo e a delimitação das classes de uso e ocupação (Quadro 6) foi determinado a partir do sistema de classificação para a cobertura e uso da terra disponível no manual técnico de uso da terra do IBGE, onde se propõe a delimitação de classes em: áreas antrópicas não agrícolas (áreas urbanizadas e áreas de mineração), áreas antrópicas agrícolas (culturas permanentes, pastagens, silvicultura e uso não identificado) e áreas de vegetação natural (florestas) (IBGE, 2013).

Quadro 6 – Classificação do índice de proteção de cada classe de uso e ocupação

TIPO DE COBERTURA DO SOLO	ÍNDICE DE PROTEÇÃO
Áreas antrópicas não-agrícolas	0,3
Áreas antrópicas agrícolas	0,2
Áreas de vegetação natural	1

Fonte: Projeto de pesquisa – 2018.

Densidade de Drenagem (DD)

A densidade de drenagem (DD) é uma indicação do grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem, fornecendo uma indicação da eficiência da rede de drenagem. Os

valores do comprimento dos canais de escoamento foram obtidos com o auxílio do *software QGIS 2.18*. Estes valores foram aplicados na fórmula (2).

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (2)$$

Onde:

Dd = Densidade de drenagem (km/km²);

Lt = Comprimento total dos canais (km); e

A = Área da bacia (km²).

A densidade de drenagem, de acordo com Villela e Matos (1978, p. 16), é uma boa indicação do grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem, pois varia inversamente com a extensão do escoamento superficial e, portanto, fornece uma indicação da eficiência da rede de drenagem. Embora existam poucas informações sobre a densidade de drenagem de bacias hidrográficas, pode-se afirmar que este índice varia de 0,5 km/km², para as bacias com drenagem pobre, a 3,5 ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas.

A tabela 5 representa uma referência à classificação dos valores de densidade de drenagem e suas respectivas simbologias utilizadas para definir este parâmetro.

Tabela 5 – Classificação dos Valores da Densidade de Drenagem e Respectivos Símbolos.		
VALORES DA DD (km/km ²)	QUALIFICAÇÃO DA DD	SÍMBOLO
≤ 0,5	Baixa	DD1
0,5 < e ≤ 2,00	Mediana	DD2
2,00 < e ≤ 3,50	Alta	DD3
Maior que 3,50	Muito Alta	DD4

Fonte: BELTRAME (1994, p. 84) adaptado pelo autor (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação do Parâmetro Cobertura Vegetal Original (CO)

No estado do Acre predominam três grandes regiões fitoecológicas, são elas: Floresta ombrófila densa, Floresta ombrófila aberta e a Campinarana, restrita à parte noroeste do estado. Na área em estudo foram delimitadas duas formações florestais, são elas: Floresta aberta com bambu (FAB) e Floresta aberta com palmeira (FAP). Fazendo a correlação do mapa de cobertura vegetal atual com o mapa de cobertura vegetal original chegou-se ao grau de semelhança (Tabela 6).

Tabela 6 – Grau de semelhança da cobertura vegetal atual com a cobertura vegetal original nos setores

SETOR	Área (ha)	% (no setor)	ÍNDICE	NÍVEL DE SEMELHANÇA
Alto Curso	5133	7,6	CO 10	Nenhuma
Médio Curso	3998	8,7	CO 10	Nenhuma
Baixo Curso	3179	7,1	CO 10	Nenhuma
TOTAL	12310			

Fonte: Base de dados do projeto (2018).

No alto curso restou somente 7,6% da vegetação original, sendo que a vegetação restante é resultado da interferência antrópica no setor. É neste curso que se localiza a maioria das nascentes da bacia hidrográfica e onde o crescimento urbano ocorre de forma acelerada em relação aos demais locais da BH (Figura 2.a.b). O médio curso apresentou um percentual de semelhança maior (8,7%) em relação aos demais setores, que pode ser explicado pelo fato de estar localizado nas áreas rurais dos municípios de Rio Branco e Senador Guomard, onde a pecuária promove uma expansão do desmatamento.

Figura 2.a – Bairro em expansão no Alto Curso da BH do Rio Judia.



Fonte: Autores (2019).

Figura 2.b – Área em processo de degradação no Alto Curso.

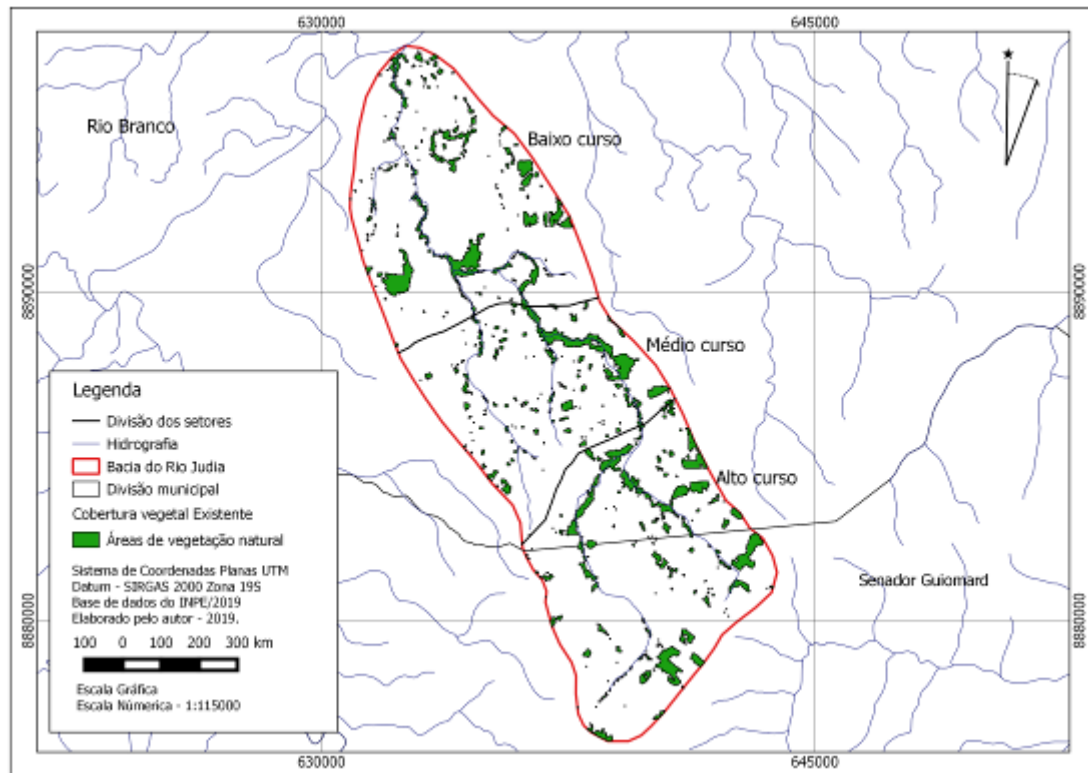


Fonte: Autores (2019).

O baixo curso apresentou o pior percentual de semelhança entre os três setores, sendo classificado com índice 5, indicando que não há nenhuma semelhança da vegetação atual com a vegetação original.

Na Figura 3 fica evidenciada a diferença entre a cobertura vegetal original e atual. Antes das mudanças antrópicas, todos os cursos eram compostos em sua totalidade por florestas.

Figura 3 – Cobertura Vegetal Existente na BH do Rio Judia – Acre

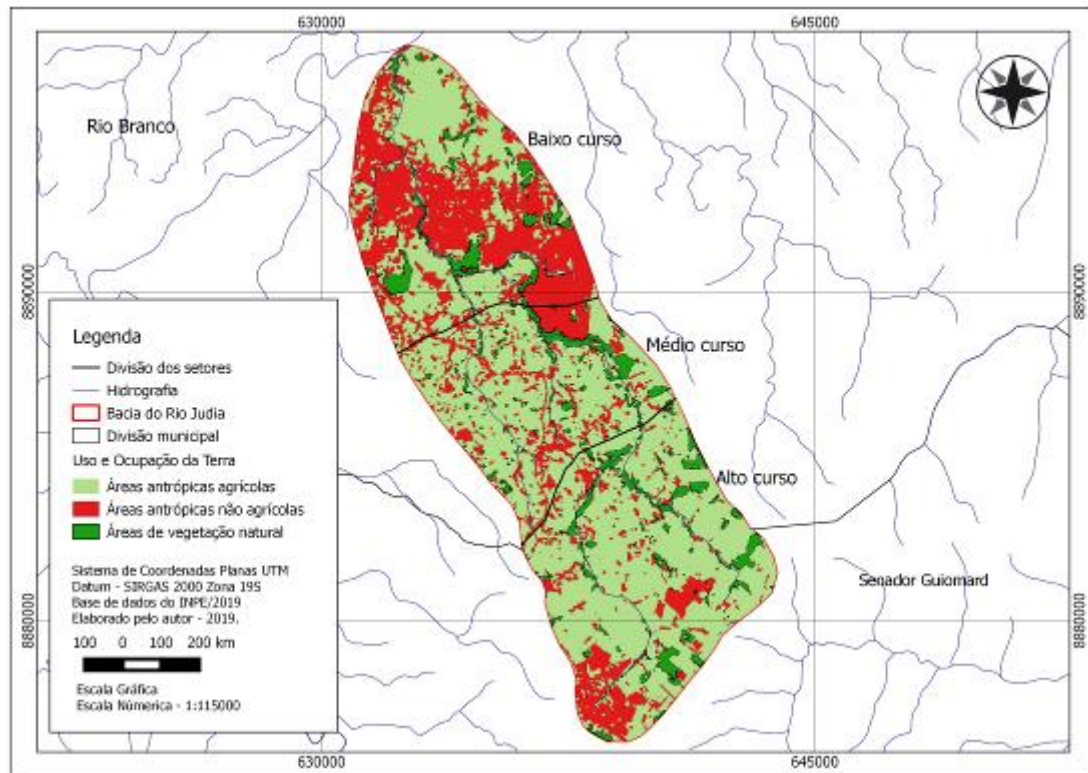


Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Determinação do Parâmetro Uso e Ocupação da Terra (UOT)

Na Figura 4 é possível visualizar que grande parte da BH está ocupada por áreas antrópicas agrícolas. Nesta classe de uso e ocupação concentram os diversos tipos de produção agrícolas além da agropecuária. As áreas de vegetação natural concentram a menor área de ocupação na bacia e representam os remanescentes florestais, sendo mais comuns às margens dos rios.

Figura 4 – Espacialização do uso e cobertura atual da terra na área de estudo



Fonte: Base de dados da pesquisa, 2019.

Quanto às áreas antrópicas não agrícolas, pode-se afirmar que estas representam os adensamentos urbanos e rural no município de Senador Guiomard e Rio Branco.

Com as orientações da Tabela 4 e do Quadro 6 foi possível obter o índice de proteção fornecido pela cobertura e uso do solo nos três setores em estudo (Quadro 7). Este índice foi obtido a partir da multiplicação do valor de cobertura em hectares pelo índice de proteção médio. A superfície reduzida de cada setor foi dividida pela área de seu respectivo setor, chegando ao valor do índice de proteção total por setor.

Quadro 7 – Índice de proteção fornecida ao solo pela cobertura da terra nos setores da bacia hidrográfica do Rio Judia – Acre

Sector	Cobertura	(1) Área (ha)	(2) Índice de proteção Médio	(3) Superfície Reduzida	Índice de Proteção Total por Sector (Resultado da superfície reduzida total dividida pela área do sector)
1 (Alto Curso)	Áreas Antrópicas Não-Agrícolas	417.4	0,3	166.9	
	Áreas Antrópicas Agrícolas	4205	0,2	841	
	Áreas de Vegetação Natural	510.6	1	510.6	
Total		5133		1476,82	0,28

2 (Medio Curso)	Áreas Antrópicas Não-Agrícolas	325.2	0,3	97,5	
	Áreas Antrópicas Agrícolas	3208.9	0,2	641.8	
	Áreas de Vegetação Natural	463.9	1	463.9	
Total		3998		1203,26	0,30
3 (Baixo Curso)	Áreas Antrópicas Não-Agrícolas	1907,4	0,3	572,22	
	Áreas Antrópicas Agrícolas	953,7	0,2	190,74	
	Áreas de Vegetação Natural	317,9	1	317,9	
Total		3179		1080.86	0,34

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Conforme o Quadro 7, o alto curso apresentou um índice de proteção total de 0,28, o que significa que este setor apresentou um grau de degradação 5, conforme estabelecido na Tabela 4. Os setores de médio e baixo curso também apresentaram grau de degradação 5. Embora todos os setores tenham apresentado o mesmo grau de degradação, foi notado que o baixo curso apresenta um índice de proteção total ligeiramente maior que os outros setores, 0,34, indicando que este setor é o mais degradado. Sendo também o que possui um maior quantitativo populacional.

Determinação do Parâmetro Declividade Média (DM)

A partir da fórmula que calcula as classes de declividade e seus respectivos símbolos e índices, foram obtidas as classes de declividade média de cada setor, apresentada no Quadro 8.

Quadro 8 – Classificação da declividade média do alto, médio e baixo curso.

SETOR	L.C.N. (km)	E (m)	A (km ²)	DM (%)	RELEVO	SÍMBOLO
Alto curso	0,6801	10	51,23	13,2	Ondulado	DM 2
Médio curso	0,6845	10	41,13	16,6	Ondulado	DM 2
Baixo curso	0,5014	10	30,74	16,3	Ondulado	DM 2

Fonte: Elaborado pelo autores, 2019.

As informações contidas no Quadro 8 apontam para a definição do relevo como sendo ondulado em todos os três setores, obtendo-se o índice 2 (dois). Isso permite

afirmar que a declividade média dos três setores não contribui de forma significativa com o processo de degradação através da perda de solo pela erosão.

Determinação do Parâmetro vulnerabilidade dos solos pela ação das chuvas (V)

Com a coleta dos dados mensais de precipitação entre os anos de 2006 a 2019 no sítio do Grupo de Estudos e Serviços Ambientais (2019), foi possível observar que as maiores quantidades de chuvas se concentraram entre os meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Os meses que possuem a menor quantidade de chuvas são: junho, julho e agosto.

A partir das informações de precipitação e por meio da escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo entre os anos de 2006 a 2019, foi calculada a vulnerabilidade à erosão para os três setores da bacia do Rio Judia. De acordo com a classificação do índice de vulnerabilidade, a área de estudo apresentou vulnerabilidade baixa, tendo um índice de 1,54 para os três setores (Tabela 7).

Tabela 7 – Classificação da vulnerabilidade dos solos de sofrerem erosão com a ação das chuvas na área de estudo.

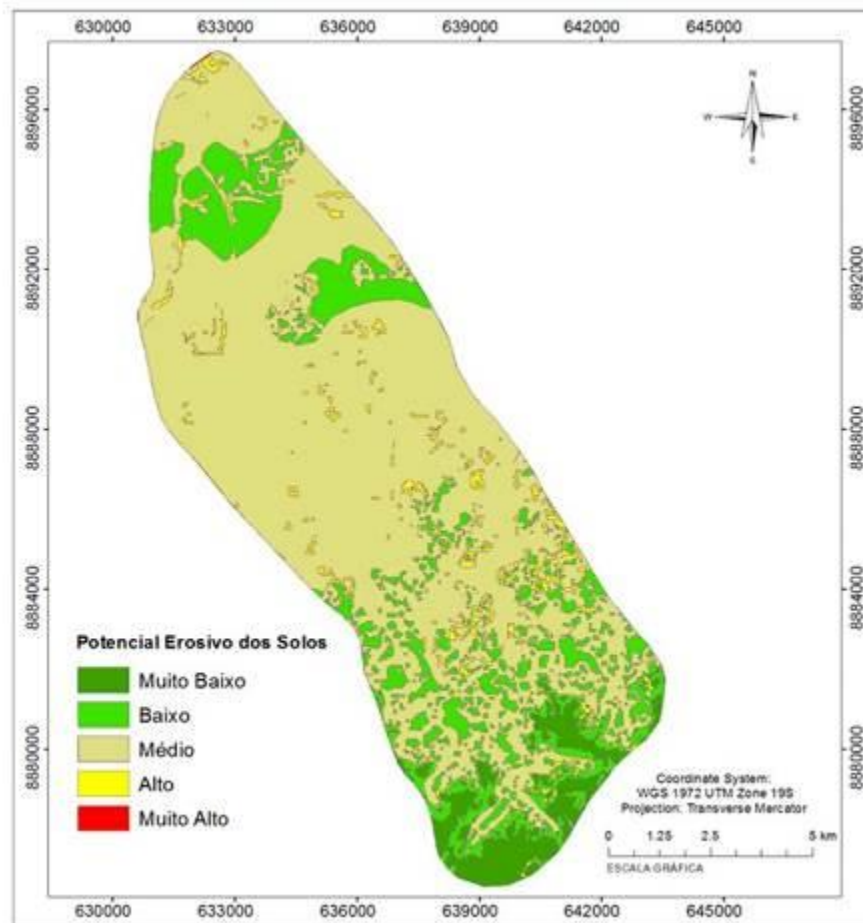
Setor	Índice	Qualificação	SÍMBOLO
Baixo Curso	1,54	Vulnerabilidade Baixa	V1
Médio Curso	1,54	Vulnerabilidade Baixa	V1
Alto Curso	1,54	Vulnerabilidade Baixa	V1

Fonte: Base de dados da pesquisa – 2019.

Determinação do Parâmetro Potencial Erosivo do Solo (PE)

A suscetibilidade do solo de sofrer com o processo de erosão está vinculada a diversos fatores que influenciam de forma direta ou indireta no desprendimento das partículas do solo. Dentre os principais fatores contribuintes para o processo de erosão está o potencial erosivo das chuvas que, somados a fatores contribuintes como declividade, solos e relevo, aumentam o risco de erosão dos solos (SANTOS, 2013). Na Figura 5 está contida a espacialização do potencial erosivo dos solos na área de estudo, determinado a partir de informações de solo e declividade.

Figura 5 – Potencial erosivo dos solos



Fonte: Projeto de pesquisa, 2019

Feita a quantificação das classes de potencial erosivo chegou-se ao índice de potencial erosivo por setor. O alto curso obteve índice 1 que, de acordo com a Tabela 7, foi classificado como tendo um baixo potencial erosivo. O médio curso obteve o valor 3, tendo médio potencial erosivo, e o baixo curso obteve valor 2, o que representa um baixo potencial erosivo. O baixo potencial erosivo visto no alto e no baixo curso, além de serem resultados das características dos solos, apresentaram uma considerável influência do relevo e da baixa declividade.

Determinação do Parâmetro Densidade de Drenagem (DD)

A partir dos valores de área e de comprimento total dos canais de cada setor da bacia do Rio Judia foram encontrados os valores de densidade de drenagem, cujos resultados estão contidos na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores da densidade de drenagem no alto, médio e baixo curso da área de estudo

Setor	Lt (km)	ÁREA (km ²)	DD (km/km ²)	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO
Alto Curso	62,1	51,23	1,21	Mediana	DD2
Médio Curso	39,3	41,13	0,95	Mediana	DD2
Baixo Curso	21,6	30,74	0,70	Mediana	DD2

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Foi observado que o baixo curso possui a menor densidade de drenagem entre os três setores, porém possui o mesmo índice que o Alto e o Médio Cursos. O Alto Curso é o que possui a maior densidade de drenagem, com 1,21 km/km² de canais fluviais. A densidade de drenagem do Médio Curso apresentou 0,95 km/km². A densidade de drenagem mediana, vista nos três setores, pode refletir um baixo potencial de degradação da BH em relação à quantidade de canais fluviais.

Neste sentido, a soma de cada parâmetro analisado permitiu obter o grau de degradação dos setores estudados. A soma dos valores destes parâmetros permitiu obter o estado atual de degradação da bacia hidrográfica do Rio Judia, onde o baixo curso obteve índice 21, o médio curso índice 23 e o baixo curso, índice 22.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As divisões geográficas da bacia estudada apresentaram valores elevados de degradação, sendo que o baixo curso obteve valor 21, o médio curso 23 e o baixo curso 22. Estes valores indicam que a bacia do rio Judia está em um processo avançado de degradação do solo, da floresta e dos recursos hídricos que se localizam nesta bacia hidrográfica.

Mesmo tendo características distintas, os três cursos obtiveram valores semelhantes um do outro. Isto indica que a separação da bacia hidrográfica em três cursos não possibilitou um melhor aprofundamento das características destas áreas, sendo indicado para os próximos estudos a abordagem integral da bacia.

As técnicas de geoprocessamento juntamente com os parâmetros que constituíram o Diagnóstico Físico Conservacionista forneceram informações úteis no diagnóstico do grau de degradação da área em estudo, tornando-se uma metodologia capaz de ser aplicada em outras bacias hidrográficas semelhantes, desde que sua elaboração leve em consideração as especificidades da área de estudo, bem como a existência de informações necessárias à sua elaboração.

REFERÊNCIAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, Fase II (Escala 1:250.000)**: Documento Síntese. 2. ed. Rio Branco: SEMA, 2010. 356 p.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas**: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994. 112 p.

CREPANI, E., MEDEIROS, J. S., PALMEIRA, A. F. **Intensidade Pluviométrica**: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2004.

GRUPO de estudos e serviços ambientais. **AcreBioClima**, Rio Branco - Acre. Disponível em: <<http://www.acrebioclima.pro.br/>>. Acesso em: 10 set. 2019.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. (Séries Manuais Técnicos em Geociências; n. 7).

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicado ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba, SP: dez. 2008.

NASCIMENTO, F. I. C.; SANTOS, W. L.; LIRA, E. M.; ARCOS, F. O. Caracterização Morfométrica como Base para o Manejo da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – Acre. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 2, p. 170-183, set. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232875>>. Acesso em: 18 dez. 2020.

OLIVEIRA, T. H.; GALVÍNCIO, J. D. Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio Moxotó – PE usando sensoriamento remoto termal. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, p. 30-49, 2008.

RAMOS, A. P. M.; RODRIGUES, B. M.; OSCO, M. P.; ANTUNES, P. A. Abordagem sistemática de projeto cartográfico para a análise da qualidade ambiental de bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 1079-1100, jul. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.3.p1079-1100>>. Acesso em: 20 out. 2019.

SANTOS, W. L. **Dinâmica hidroecogeomorfológica em bacia de drenagem**: efeitos do uso e ocupação da terra no sudoeste amazônico – Acre – Brasil. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SÁTIRO, T. P. O.; SIMÕES, S. J. C. Comparação entre dois Sistemas de Informação Geográfica (ArcGIS e gvSIG) na elaboração de um mapa de potencialidade para a silvicultura baseado em elementos do meio físico – a bacia do rio Paraíba do Sul (Porção Paulista). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013.

VECTORE, E. P.; CHUERUBIM, M. L. Geoprocessamento da bacia do córrego vinhedo em Uberlândia - MG. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiás, v. 33, n. 2, p. 135-153, jul. 2013.

VIEIRA, D. M. S.; TORRES, J. L. R.; BARRETO, A. C. Avaliação morfométrica e vazão da microbacia do Córrego do Inhamé, em Uberaba-MG. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 3, n. 2, p. 105-114, 2019.

VILLELA, S. M.; MATOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Difel, 1978.

XAVIER, F. V.; CUNHA, K. L.; SILVEIRA, A.; SALOMÃO, F. X. T. Análise da suscetibilidade à erosão laminar na Bacia do Rio Manso, Chapada dos Guimarães, MT, utilizando Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 51-60, 2010.

Como citar:

ABNT

NASCIMENTO, F. I. C.; SANTOS, W. L.; SILVA, D. L. Metodologia de análise físico-ambiental em bacia hidrográfica no sudoeste amazônico: estudo da bacia do Rio Judia – Acre – Brasil. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 7, e202108, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e202108>>. Acesso em: 04 abr. 2021.

APA

Nascimento, F. I. C., Santos, W. L., & Silva, D. L. Metodologia de análise físico-ambiental em bacia hidrográfica no sudoeste amazônico: estudo da bacia do Rio Judia – Acre – Brasil. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 7, e202108. Recuperado em 04 abril, 2021, de <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e202108>



This is an open access article under the CC BY Creative Commons 4.0 license.

Copyright © 2021, Universidade Federal do Maranhão.

