



Universidade Federal da Paraíba

Centro de Tecnologia

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL

- MESTRADO -

**ANÁLISE DE RISCOS À PERDA DE SOLO PARA CENÁRIOS DE USO E
OCUPAÇÃO ATUAL E POTENCIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ABIAÍ-
PAPOCAS**

por

Ivanhoé Soares Bezerra

*Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba
para obtenção do grau de Mestre*

João Pessoa - Paraíba

Março - 2013



Universidade Federal da Paraíba

Centro de Tecnologia

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL

- MESTRADO -

**ANÁLISE DE RISCOS À PERDA DE SOLO PARA CENÁRIOS DE USO E
OCUPAÇÃO ATUAL E POTENCIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ABIAÍ-
PAPOCAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Ivanhoé Soares Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

João Pessoa - Paraíba

Março - 2013

B574a Bezerra, Ivanhoé Soares.

Análise de riscos à perda de solo para cenários de uso e ocupação atual e potencial da bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas / Ivanhoé Soares Bezerra.- João Pessoa, 2013.

117f. : il.

Orientador: Tarciso Cabral da Silva

Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT

1. Engenharia urbana e ambiental. 2. Bacia hidrográfica - Abiaí-Papocas. 3. Produção hídrica. 4. Qualidade da água. 5. Ecodinâmica. 6. Perda de solo - risco - níveis.

UFPB/BC

CDU: 62:711(043)

IVANHOÉ SOARES BEZERRA

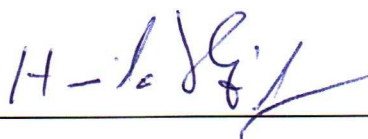
**ANÁLISE DE RISCOS À PERDA DE SOLO PARA CENÁRIOS DE USO E
OCUPAÇÃO ATUAL E POTENCIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ABIAÍ-
PAPOCAS**

Dissertação aprovada em 28/03/2013 como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

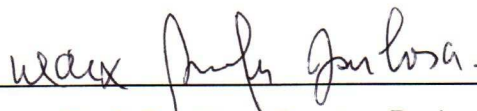
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva - UFPB
(Orientador)



Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira - UFPB
(Examinador Interno)



Prof. Dr. Marx Prestes Barbosa - UFCG
(Examinador Externo)

AGRADECIMENTOS

Nestes poucos parágrafos demonstro meus agradecimentos a todos aqueles que me acompanharam nessa trajetória:

Primeiramente a Deus por iluminar meu caminho ao longo do decorrer do curso e me garantir a força e sapiência necessária para sua conclusão.

A equipe de professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da UFPB, pelos conhecimentos transferidos.

Ao Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva pelo apoio na orientação deste trabalho, sacrificando algumas horas de seu tempo com esta empreitada.

Aos bolsistas que deram sua contribuição valorosa no desenvolvimento desse trabalho, a Andréa Cavalcanti e o Ícaro Albuquerque.

A todos os colegas e amigos da turma do mestrado, principalmente aqueles que apresentaram uma maior convivência como Valeriano e Romildo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa que financiou o desenvolvimento de tal pesquisa.

A minha esposa Gabriela Pecorelli, pela compreensão e apoio nos momentos em que o descanso e a diversão deveriam se exercitados e eram substituídos pelos estudos.

Aos meus pais (Bezerra e Mércia) e meu irmão (Irvin) pelo apoio, compreensão e carinho que sempre demonstraram por mim.

RESUMO

A bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas é considerada essencial, pois nela se inserem os principais mananciais para o reforço ao abastecimento da Região Metropolitana de João Pessoa – Paraíba. Os elementos determinantes para que essa venha cumprir seu papel como fonte hídrica são a manutenção da capacidade de produção hídrica e a manutenção da qualidade das águas, sendo a análise do risco à perda de solo um estudo que a caracteriza fisicamente e indica áreas instáveis ou estáveis. A bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas possui área de 462,36km² e localiza-se entre os paralelos 7°32'S e 7°18'S e os meridianos 36°08'O e 34°48'O, na interface entre a Zona da Mata paraibana e pernambucana. A análise do risco à perda de solo se pauta no conceito de unidade de paisagem que agrupa um determinado espaço ambiental com suas características físicas, os eventos e interações que neste ocorrem. É essencial em seu estudo o conhecimento da gênese, constituição física, forma e estágio de evolução e cobertura vegetal. O resultado das diversas interações então é representado em forma de imagens. Na avaliação do risco à perda de solo para a bacia hidrográfica Abiaí-Papocas construíram-se cenários que consideraram a situação atual, bem como uma situação potencial ou planejada, mapeando os temas geologia, geomorfologia, pedologia, clima e uso e ocupação do solo atual e potencial, aos quais se associam valores. A média aritmética relaciona a propensão a uma escala de risco à perda de solo que varia conforme a categoria morfodinâmica. Em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), para cada aspecto das unidades territoriais básicas, foram definidos os índices estabilidade e instabilidade aos quais estavam submetidos, sendo posteriormente realizada a álgebra de mapas entre essas temáticas para definição do risco à perda de solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas. Para a análise espacial que permitisse uma definição exata das porções do território onde a adoção de um cenário planejado diminuiria o risco, utilizou-se a álgebra de mapas, definindo-se uma equação empírica que compara ambos cenários e identifica em que porções do espaço ocorrem as menores propensões ao risco. A análise dos aspectos permitiu inferir que na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas, para o cenário atual, há predominância de níveis moderados de risco, enquanto que para o potencial ocorre predominância de níveis medianos, com equilíbrio entre a estabilidade e a instabilidade. Na comparação dos cenários atual e potencial, o atual, em maior proporção, torna o ambiente mais instável e logo propenso a maiores perdas de solo por processos erosivos que o potencial, ocorrendo algumas áreas onde a sua manutenção resultaria em níveis mais estáveis de perda de solo.

PALAVRAS-CHAVE: bacia hidrográfica, ecodinâmica, SIG, risco.

ABSTRACT

The Abiaí-Papocas watershed is considered essential once the main springs for enhancing the supply of the Metropolitan Region of João Pessoa – Paraíba are part of it. The determinant elements so that this basin may fulfill its role as hydric source are the maintenance of both the hydric production capacity and the quality of the waters, being the risk assessment of soil erosion a study that characterizes it physically and indicates unstable or stable areas. The Abiaí-Papocas watershed has an area of 462,36km² and it is placed between the 7°32'S and 7°18'S parallels and the 36°08'O and 34°48'O meridians, in the Zona da Mata interface between Paraíba and Pernambuco. The risk assessment of soil erosion is based on the concept of landscape unity that gathers a particular environmental setting with its physical characteristics, the events and interactions that take place in it. In its study, it is noteworthy to know the genesis, physical constitution, form and stage of plant evolution and coverage. The result of several interactions thus is represented in images. In regard to risk assessment of soil erosion for the Abiaí-Papocas watershed, scenarios were constructed to consider the current situation as well as a potential or planned one mapping the following issues: geology, geomorphology, pedology, climate and use and present and potential soil occupation to which values are associated. The arithmetic mean relates propensity of a risk scale to soil erosion that varies according to the morphodynamic category. In a GIS environment (Geographic Information Systems) for each aspect of the territorial basic units, the stability and instability rates were defined to which they were submitted. Afterwards, the map algebra among these issues for risk definition to soil erosion of the Abiaí-Papocas watershed was accomplished. For the spatial analysis that enabled an accurate definition of the territory portions where the adoption of a planned scenario would reduce the risk, the map algebra was used. Therefore, it defined an empirical equation that compares both scenarios and identifies in which spatial portions the lowest propensities to risk occur. The analysis of the aspects enabled to infer that in the Abiaí-Papocas watershed, for the current scenario, there is predominance of moderate levels of risk whereas for the potential the predominance of average levels occurs with balance between stability and instability. While comparing the current and potential scenarios, the first one, in a larger proportion, makes the setting more unstable therefore vulnerable to major soil erosions by means of erosive processes than the potential one. However, the maintenance of the current scenario in some areas would result in more stable levels of soil erosion.

KEYWORDS: watershed, ecodynamic, GIS, risk.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Localização da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	26
Figura 2	Sub-bacias da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	27
Figura 3	Perfil longitudinal dos rios Papocas e Abiaí.	28
Figura 4	Alto, médio e baixo curso da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	29
Figura 5	Fluxograma para análise do risco à perda de solo	31
Figura 6	Risco ao subtema intensidade de dissecação do relevo	47
Figura 7	Risco ao subtema amplitude altimétrica	49
Figura 8	Risco ao subtema declividade	50
Figura 9	Superfícies de relevo plano	52
Figura 10	Superfícies com relevo suave ondulado	52
Figura 11	Superfície de relevo forte ondulado	53
Figura 12	Superfície de interflúvio plano	53
Figura 13	Superfície de interflúvio forte ondulado	54
Figura 14	Exploração granjeira na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	59
Figura 15	Exploração agropecuária na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas: cultura de autoconsumo	59
Figura 16	Exploração agropecuária na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas: monocultura de cana-de-açúcar	60
Figura 17	Trecho da rodovia BR-101 que intercepta a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	61
Figura 18	Jazida de extração de areia e saibro cuja exploração foi encerrada	62
Figura 19	Parque industrial da Destilaria Tabú	63
Figura 20	Área urbana de Alhandra, Paraíba	64
Figura 21	Área Urbana de Itambé, Pernambuco	64
Figura 22	Rio Abiaí	65
Figura 23	Remanescente florestal caracterizado como vegetação de mata atlântica às margens da rodovia BR-101 (porção leste)	66
Figura 24	Remanescente florestal caracterizado como vegetação de mata atlântica na porção a oeste da rodovia BR-101	67
Figura 25	Vegetação de mangue da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	67

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1	Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas	20
Quadro 2	Escala de propensão ao risco à perda de solo	21
Quadro 3	Características das sub-bacias da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	28
Quadro 4	Caracterização socioeconômica dos municípios da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	30
Quadro 5	Classes e usos potenciais da terra	36
Quadro 6	Litologia e propensão ao risco	37
Quadro 7	Amplitude do Interflúvio e propensão ao risco	38
Quadro 8	Amplitude Altimétrica e propensão ao risco	39
Quadro 9	Declividade e propensão ao risco	39
Quadro 10	Classe de Solo e propensão ao risco	40
Quadro 11	Uso e ocupação do solo e propensão ao risco	40
Quadro 12	Usos potenciais da terra e propensão ao risco	41
Quadro 13	Intensidade pluviométrica e propensão ao risco	41
Quadro 14	Composição geológica da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	44
Quadro 15	Propensão ao risco para o tema Geologia	46
Quadro 16	Risco para a amplitude do interflúvio	47
Quadro 17	Risco para a amplitude altimétrica	48
Quadro 18	Risco para a declividade	49
Quadro 19	Propensão ao risco para o tema Geomorfologia	54
Quadro 20	Composição pedológica da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	55
Quadro 21	Propensão ao risco para o tema pedologia	57
Quadro 22	Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	58
Quadro 23	Propensão ao risco para o tema uso e ocupação do solo	68
Quadro 24	Parâmetros morfométricos das sub-bacias da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	69
Quadro 25	Intervalos de usos potenciais da terra	69
Quadro 26	Classes e usos potenciais da terra	70
Quadro 27	Propensão ao risco para o tema uso potencial da terra	71
Quadro 28	Intensidade pluviométrica	72

Quadro 29	Propensão ao risco para o tema climatologia	72
Quadro 30	Propensão ao risco do cenário atual	73
Quadro 31	Propensão ao risco do cenário potencial	74
Quadro 32	Diferença dos riscos: cenário atual x cenário potencial.	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP - Processo de Análise Hierárquica

CAD – Computer Aided Design

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

UNISDR - Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres

UTM - Universal Transverse Mercator

URSS - União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

SERHMACT/PB - Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, Meio Ambiente e Ciência e Tecnologia da Paraíba

SIRGAS – Sistema de referência geocêntrico para as Américas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	15
1.1.1	OBJETIVO GERAL	15
1.1.2	OBJETIVOS GERAIS	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Conceito de Risco	16
2.2	Metodologias de análise de riscos à perda de solo	17
2.3	Risco pautado na análise da Paisagem	18
2.3.1	CONCEITO DE PAISAGEM	19
2.3.2	RISCO À PERDA DE SOLO	20
2.4	Planejamento ambiental aplicado à bacia hidrográfica	22
2.4.1	USO POTENCIAL DA TERRA	23
3	ÁREA DE ESTUDO	25
3.1	Aspectos físicos	25
3.2	Aspectos hidrológicos	27
3.3	Aspectos socioeconômicos	29
4	METODOLOGIA	31
4.1	Homogeneização e tratamento dos dados	32
4.2	Álgebra de mapas	32
4.3	Elaboração dos Mapas Temáticos Básicos	33
4.3.1	GEOLOGIA	33
4.3.2	GEOMORFOLOGIA	33
4.3.3	PEDOLOGIA	34
4.3.4	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO (VEGETAÇÃO)	34
4.3.5	USO POTENCIAL DA TERRA	34
4.3.6	CLIMATOLOGIA	36
4.4	Elaboração dos Mapas de Risco Natural	36
4.4.1	RISCO AO TEMA GEOLOGIA	36
4.4.2	RISCO AO TEMA GEOMORFOLOGIA	37

4.4.3	RISCO AO TEMA PEDOLOGIA	39
4.4.4	RISCO AO TEMA VEGETAÇÃO (USO E OCUPAÇÃO DO SOLO)	40
4.4.4.1	Risco do uso e ocupação do solo	40
4.4.4.2	Risco do uso potencial da terra	41
4.4.5	RISCO AO TEMA CLIMATOLOGIA	41
4.4.6	RISCO À PERDA DE SOLO	42
4.4.7	ANÁLISE DOS CENÁRIOS DE RISCO À PERDA DE SOLO	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
5.1	Geologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	44
5.2	Geomorfologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	46
5.3	Pedologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	55
5.4	Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	57
5.4.1	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	57
5.4.2	USO POTENCIAL DA TERRA	68
5.5	Climatologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	71
5.6	Risco á perda de solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas	72
5.6.1	RISCO Á PERDA DE SOLO DO CENÁRIO ATUAL	72
5.6.2	RISCO NATURAL Á PERDA DE SOLO DO CENÁRIO POTENCIAL	73
5.7	Análise dos Cenários de Risco	74
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICE A - Carta Geológica	82
	APÊNDICE B - Carta de Risco ao tema Geologia	84
	APÊNDICE C - Carta de Intensidade de Dissecação do relevo	86
	APÊNDICE D- Carta de Amplitude Altimétrica	88
	APÊNDICE E - Carta de Declividade	90
	APÊNDICE F - Carta Geomorfológica	92
	APÊNDICE G - Carta de Risco ao tema Geomorfologia	94
	APÊNDICE H - Carta Pedológica	96

APÊNDICE I - Carta de Risco ao tema Pedologia	98
APÊNDICE J - Carta de Uso e Ocupação do Solo	100
APÊNDICE K - Carta de Risco ao tema Uso e Ocupação do Solo	102
APÊNDICE L - Carta de Uso Potencial da Terra	104
APÊNDICE M - Carta de Risco ao Uso Potencial da Terra	106
APÊNDICE N - Carta Climatológica	108
APÊNDICE O - Carta de Risco ao tema Climatologia	110
APÊNDICE P - Carta de Risco à Perda de Solo: Cenário Atual	112
APÊNDICE Q - Carta de Risco à Perda de Solo: Cenário Potencial	114
APÊNDICE R - Carta de Risco à Perda de Solo: Diferença Cenário Atual x Cenário Potencial	116

1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas é considerada como de grande importância, haja vista a existência dos principais mananciais para o reforço ao abastecimento da região metropolitana de João Pessoa, com viabilidade de captação para suprimento das necessidades até o ano de 2030 (PARAÍBA, 2000), o que indica a sua relevância para uma população que ultrapassa o número de um milhão de habitantes.

Os elementos determinantes para que essa venha a cumprir seu papel como fonte hídrica são a manutenção da capacidade de produção hídrica e a da qualidade das águas, sendo a análise do risco à perda de solo um estudo que a caracteriza fisicamente e indica pontos instáveis ou estáveis, o que só pode ser determinado a partir de diversos estudos técnico-científicos. Deve-se considerar a análise do risco à perda de solo como um dos primeiros a serem executados, uma vez que esse permite um diagnóstico ambiental da área e a construção de cenários tendenciais e pretendidos.

Mafrá apud Mota & Valladares (2011) considera que deve ser incorporado ao planejamento do uso do solo o estudo da erosão, incluindo os fatores relacionados à atuação dos processos erosivos e à detecção das áreas mais propensas (atual e potencial), com o objetivo de regular as ações sobre as mesmas, buscando uma incidência mínima de uso para evitar os prejuízos sobre as atividades humanas e sobre o meio ambiente. No caso da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas, mais especificamente, deve-se planejar a ocupação do solo de forma a prover a manutenção da capacidade hídrica de produção e evitar a perda da qualidade das águas dos rios. Por manutenção da capacidade de produção hídrica da bacia hidrográfica, entende-se como a busca pela constância a médio e longo prazo dos valores médios das vazões de base dos seus cursos d'água perenes. Rahman et al. (2009) consideram que o mapeamento dos riscos à perda de solo pode ser efetivamente utilizado para a formulação de estratégias de gerenciamento e planejamento para a proteção e conservação da erosão do solo. Evidentemente a proteção contra a erosão do solo constitui ação primordial no processo de conservação dos recursos hídricos superficiais.

Para a avaliação do risco à perda de solo da bacia hidrográfica do Rio Abiaí-Papocas foram construídos cenários que consideraram a situação atual, bem como uma situação potencial ou planejada para os níveis de risco, mapeando os temas geologia, geomorfologia, pedologia, clima e uso e ocupação do solo atual e potencial. As definições e sobreposições dos cenários possibilitaram a determinação da forma de ocupação menos impactante e que propiciasse a manutenção da qualidade ambiental e redução das perdas de solo dessa região.

A análise dos riscos à perda de solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas, para alguns cenários, se propõe a ser um instrumento de planejamento para os gestores públicos, oferecendo subsídios que permitam identificar a melhor forma de ocupação do espaço considerando aspectos relacionados à situação atual e a uma pretendida.

A estrutura adotada para esta dissertação é a seguinte: no Capítulo 1 (Introdução) é descrito o contexto no qual se insere a problemática em análise, bem como os objetivos a serem atingidos com esse estudo. No Capítulo 2 (Revisão Bibliográfica) são revistos os aspectos conceituais relativos ao estudo da paisagem e risco, métodos de análise e aplicação no planejamento ambiental. A área de estudo é caracterizada no Capítulo 3 (Área de Estudo) onde são elencados os aspectos físicos, hidrológicos e socioeconômicos da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas. As etapas metodológicas observadas visando a obtenção dos objetivos propostos são detalhadas no Capítulo 4 (Metodologia). No capítulo 5 (Resultados e discussões) os resultados referentes às temáticas básicas e aos riscos para os dois cenários propostos são apresentados e discutidos. No capítulo 6 (Considerações Finais) é realizado o fechamento da discussão dos resultados obtidos e indicadas as proposições para futuras pesquisas e estudos. Ao final são listadas as referências citadas ao longo dessa dissertação e os apêndices contendo todas as cartas elaboradas para as diversas temáticas trabalhadas.

1.1 Objetivos

1.1.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar o risco à perda de solo da bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas, com base nos cenários de uso atual e potencial de forma que orientem as tomadas de decisão para a adoção das melhores práticas de conservação do espaço geográfico.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a bacia hidrográfica quanto aos temas geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia, uso e ocupação do solo e uso potencial da terra.
- Realizar o diagnóstico ambiental enfatizando os elementos necessários à avaliação do risco.
- Construir cenários atual e potencial para o risco à perda de solo, identificando espacialmente as áreas que favoreçam as menores perdas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceito de risco

O risco é a probabilidade de perdas futuras e se constitui como a interação entre dois fatores básicos, a ameaça e a vulnerabilidade (ARBOLEDA, 2008).

A Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres (UNISDR, 2009) também apresenta um conceito para risco que corrobora com o apresentado por Arboleda (2008), onde o risco é a probabilidade de que se produza um evento e suas consequências negativas.

A UNISDR (2009) ainda acrescenta que o termo risco tem conotações distintas. Na linguagem popular foca-se em seu conceito a probabilidade ou a possibilidade de algo ocorrer, enquanto no contexto técnico se dá mais importância às consequências, em termos de possibilidade de perdas, demonstrando assim que não se compartilham as mesmas percepções sobre o seu significado.

A confusão com relação aos conceitos de risco não se restringe apenas ao campo da linguagem popular com a técnica, onde outras terminologias são utilizadas como sinônimos de maneira equivocada, entre elas ameaça e vulnerabilidade. Arboleda (2008) em sua definição sobre risco deixa claro não serem essas terminologias sinônimas ao mostrar o risco como consequência das duas anteriores. Esse autor define que as ameaças constituem determinadas condições físicas de perigo latentes as quais podem se converter em fenômenos destrutivos, enquanto a vulnerabilidade compreende características distintas que predisõem a sociedade a sofrer danos.

Wisner et al. (2003) definem a vulnerabilidade como a característica de uma pessoa ou um grupo e suas situações que influenciam a capacidade de antecipar, lidar, resistir e se recuperar de impactos de perigos naturais, podendo ser processos ou eventos naturais extremos e onde a vulnerabilidade pode ser mensurada em termos de danos aos meios de subsistência e não apenas as consequências a vida e a propriedade.

2.2 Metodologias de análise de riscos à perda de solo.

Ao longo dos anos diversas metodologias foram sendo desenvolvidas com o intuito de mensurar os níveis de risco aos quais se encontram submetidas determinadas áreas. Algumas metodologias se pautam na utilização de modelos matemáticos e simulação, outras na utilização de sistemas de informações geográficas e técnicas de sobreposição de mapas, cada uma apresentando particularidades.

Rosa et al. (2000) se utilizaram para a avaliação do risco à erosão do solo no oeste da Europa de uma metodologia que consiste na aplicação do modelo ImpelERO. Este tem como entradas os atributos classe de terra, declividade, clima e uso e ocupação gerando como resultados valores de perda do solo em $\text{Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ que posteriormente podem ser convertidos em mapas.

Wang et al. (2008), buscando a avaliação ambiental dos platôs Tibetanos a partir da análise do risco ao qual esses estavam submetidos, desenvolveram uma metodologia suportada por ferramentas de geoprocessamento e Processo de Análise Hierárquica (AHP). Este incorpora quinze fatores de condições naturais, ambientais e antrópicas que são convertidas em cinco categorias ecológicas: ligeira, suave, moderada, pesada e extremamente instável.

Kheir et al. (2008), avaliando o risco à perda de solo na região do Líbano, utilizaram técnicas de sensoriamento remoto e de Sistemas de Informação Geográfica para a proposição de um modelo que permitisse a identificação do potencial de erosão em uma escala de 1:100.000. Considerou-se fatores físicos, como erodibilidade do solo, morfologia, uso e ocupação do solo, erosividade e infiltração, onde para cada elemento foi atribuído um peso, resultando assim em um mapa de risco à erosão.

Beskow et al. (2009) objetivando mapear e avaliar o risco a erosão na bacia hidrográfica do Rio Grande em Minas Gerais, aplicaram a equação universal de perda do solo (USLE) associada ao software GIS PC Raster. Eles utilizaram como entradas do modelo fatores de erosividade, erodibilidade, topografia, cobertura do solo e práticas de suporte, além da taxa de deposição de sedimento (SDR), resultando em valores de $\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, espacializados em mapas de perda de solo.

Observa-se que os modelos propostos apesar de apresentarem procedimentos diferentes, são bastante assemelhados em objetivos, considerando sempre a necessidade da interação dos fatores físicos com os antrópicos.

No Brasil, Crepani et al. (2001) propuseram uma metodologia da avaliação da vulnerabilidade à perda de solo que considera os fatores ambientais e antrópicos, sendo essa pautada nos conceitos da ecodinâmica associada à utilização de imagens de satélite, permitindo assim uma visão sinótica, repetitiva e holística da paisagem. Na realidade, a partir da análise dos conceitos de risco e vulnerabilidade verifica-se tratar de uma metodologia de análise de risco por não considerar o fator humano em sua estrutura.

A metodologia de Crepani et al. (2001) se encontra bastante difundida, apesar do uso inadequado dos conceitos de risco e vulnerabilidade. Gomes (2005) utilizou essa metodologia para avaliar a “vulnerabilidade” em região semiárida de Parnamirim, estado de Pernambuco; Ribeiro & Campos (2007) utilizaram na região do Alto Rio Pardo, em Pardinho, São Paulo; Santos & Sobreira (2008) estudaram a região do alto rio das Velhas, estado de Minas Gerais; Pedrosa (2008) estudou parte da bacia do rio Gramame, no estado da Paraíba; Mesquita et al. (2010) aplicaram-na à bacia hidrográfica do rio Sagrado, em Morretes, no estado do Paraná; e Mota & Valladares (2011) estudaram a degradação da bacia hidrográfica do Acaraú, no estado do Ceará.

Nesse panorama, nota-se que a metodologia proposta por Crepani et al. (2001) vem sendo utilizada desde regiões semiáridas à regiões com climas mais amenos, com grande diversidade de características físicas como também antrópicas.

2.3 Risco pautado na análise da Paisagem

A análise do risco se pauta no conceito de Unidade de Paisagem Natural que, conforme Crepani et al. (2001), se trata de unidade territorial básica, a qual agrupa um determinado espaço ambiental com suas características físicas, os eventos e interações que nesse ocorrem. É essencial em seu estudo o conhecimento da gênese, constituição física, forma e estágio de evolução e

cobertura vegetal. O resultado das diversas interações então é representado em forma de imagens.

2.3.1 CONCEITO DE PAISAGEM

O uso do termo paisagem remete a tempos remotos, sendo esse uma adaptação da linguagem convencional para a linguagem científica. Passos (1988) constrói a evolução do uso do termo, até o seu entendimento atual.

A ideia de paisagem numa acepção científica surgiu na Alemanha do século XIX, dando origem à ciência da Paisagem, posteriormente se difundido pela Europa, principalmente na antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), contribuindo assim para sua afirmação doutrinária. Nos países anglo-saxônicos esse conceito não apresentou maior relevância, se tornando um tema que oscilava entre a subjetividade e a objetividade e cujo conceito ficou enfraquecido. A recuperação e utilização desse termo se deram no século XX, a partir de onde se buscou a definição de conceitos mais modernos e com base científica.

Bertrand (1968 apud SUERTEGARAY, 2001) entendeu a paisagem “como resultado sobre certa porção do espaço, da combinação dinâmica e, portanto, instável dos elementos físicos, biológicos e antrópicos que, interagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável em contínua evolução”.

Posteriormente Tricart (1981, apud PASSOS, 1998) propôs uma conceituação que, como Bertrand, analisava o espaço de maneira indissociável, acrescentado que a percepção desses resultados não é identificável por elemento, mas de maneira global no ambiente. Santos (1997) acrescenta ao conceito de paisagem a questão da transtemporalidade, onde ocorre a junção de objetos passados, formas criadas em momentos históricos diferentes, com objetos presentes, formas que coexistem num momento presente, numa construção transversal.

Metzger (2001) amplia o conceito ao propor a paisagem como “um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada

escala de observação”, considerando assim o observador como modificador da análise da paisagem e não diretamente da sua forma. Reynard (2005) corrobora com esse conceito e ainda acrescenta que a paisagem não pode se limitar ao ecossistema, ou espaço, ou mesmo meio ambiente, mas ao objeto analisado segundo o observador e sua percepção. Suscita a ideia de que a uma mesma paisagem pode se apresentar de forma diferenciada dependendo de quem e como é realizada essa observação.

2.3.2 RISCO À PERDA DE SOLO

A perda do solo através dos processos erosivos vem sendo um dos grandes problemas identificados em diversas partes da superfície terrestre. D’Agostini (1999) considera que a percepção corrente dos processos erosivos se relaciona com seu aspecto físico degradador e há a necessidade de migração para o entendimento de uma ameaça à sustentabilidade das relações homem-meio, com modelagens não relacionadas à predição dos seus resultados, mas do equacionamento do problema e como esse pode interferir na natureza comportamental, de prioridades, de valores e critérios.

O estudo do risco à perda do solo proposta por Crepani et al. (2001) se propõem a mensurar em que grau processos naturais de perda de solo ameaçam essa relação homem-meio, servindo assim de suporte à busca pelo equacionamento do problema.

A análise do risco proposto por esses mesmos autores se pauta numa escala que relaciona a pedogênese/morfogênese e o estágio da evolução morfodinâmica da unidade territorial básica, atribuindo valores de estabilidade, conforme se observa no Quadro 1.

Quadro 1 - Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas

Categoria Morfodinâmica	Relação Pedogênese/Morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Pedogênese/Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001)

Para a obtenção do Risco (Rs) utiliza-se um modelo empírico (Equação 1) aplicado individualmente a cada unidade territorial básica, que considera os aspectos: Geologia (G), Geomorfologia (R), Solos (S), Vegetação (Vg) e Clima (C), aos quais se associam valores. A média aritmética o relaciona a propensão ao risco dentro da escala de perda de solo.

$$Rs = (G + R + S + Vg + C)/5 \quad (1)$$

A escala de propensão ao risco à perda de solo (Quadro 2) varia conforme a categoria morfodinâmica, onde os valores mais próximos a 1,0 relacionam-se com maior estabilidade, valores em torno de 2,0, estabilidade intermediária e valores próximos a 3,0 são os mais instáveis.

Quadro 2 - Escala de propensão ao risco à perda de solo

Unidade de Paisagem	Média			Propensão ao risco	Grau de Saturação			
					Vermelho	Verde	Azul	Cores
U1	↑ -----INSTABILIDADE----- ↓ ESTABILIDADE-----	3,0	Instável	255	0	0		
U2		2,9		255	51	0		
U3		2,8		255	102	0		
U4		2,7		255	153	0		
U5		2,6	Moderadamente Instável	255	204	0		
U6		2,5		255	255	0		
U7		2,4		204	255	0		
U8		2,3		153	255	0		
U9		2,2	Medianamente Estável/Instável	102	255	0		
U10		2,1		51	255	0		
U11		2,0		0	255	0		
U12		1,9		0	255	51		
U13		1,8	Moderadamente Estável	0	255	102		
U14		1,7		0	255	153		
U15		1,6		0	255	204		
U16		1,5		0	255	255		
U17		1,4	Estável	0	204	255		
U18		1,3		0	153	255		
U19		1,2		0	102	255		
U20		1,1		0	51	255		
U21		1,0		0	0	255		

Fonte: adaptado de CREPANI et al. (2001)

2.4 Planejamento ambiental aplicado à bacia hidrográfica

O estudo do risco quando aplicado à bacia hidrográfica é um dos elementos que fundamentam seu planejamento e definição de metas, objetivos e ações a serem desenvolvidas. O planejamento ambiental se tornou cada vez mais usual dentre as políticas governamentais, principalmente no que tange aos recursos hídricos.

Um dos exemplos é a Política Nacional dos Recursos Hídricos do Brasil (BRASIL, 1997), em seu Art. 5º Inciso I define como um dos seus instrumentos os Planos de Recursos Hídricos, ferramentas de planejamento, orientados para unidades mínimas de gestão, que segundo o Art. 1º Inciso V, são as bacias hidrográficas.

Rocha, J. (1997) define bacia hidrográfica como sendo “a área que drena as águas de chuvas por ravinas, canais e tributários para um curso principal, com vazão efluente convergindo para uma única saída e desaguando diretamente no mar ou em um grande lago”. Sendo assim, Guerra et al. (2007) atentam para o fato da bacia ser a unidade natural de análise da superfície terrestre, onde se é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e processos envolvidos, logo passando a representar a unidade ideal de planejamento de uso das terras.

Silva & Santos (2004) afirmam que:

Planejamento ambiental é um processo contínuo que envolve coleta, organização e análise sistematizada das informações, por meio de procedimentos e métodos, para se chegar a decisões ou escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis em função de suas potencialidades, e com a finalidade de atingir metas específicas no futuro, tanto em relação a recursos naturais quanto à sociedade.

Da forma como apresentada por Silva & Santos (2004), a atividade do planejamento não é uma atividade simples, mas que demanda muito esforço e busca pela diversidade de informações existentes. Guerra et al. (2007) afirmam que para o planejamento em microbacias hidrográficas é necessário o levantamento detalhado de uma série de atributos, com a devida atenção, para garantir um nível de investigação equilibrado entre as variáveis físicas adotadas,

as quais considera como principais o clima, a geologia, o relevo, os solos, a rede de drenagem e a cobertura vegetal.

Esses autores consideram que se deve buscar a conjugação desses elementos em unidades ou células de planejamento mais homogêneas possíveis, de tal forma que o planejamento ambiental de microbacias hidrográficas possa ser elemento de minimização de impactos ambientais decorrentes da ação antrópica indiscriminada.

2.4.1 USO POTENCIAL DA TERRA

O planejamento ambiental de uma bacia hidrográfica perpassa pela necessidade de identificar na área de abrangência suas potencialidades e tendências de uso.

Sicco-Smit (apud ROCHA, J. et al. 2009) considera que o coeficiente de rugosidade (CR) é um parâmetro que permite a definição do uso potencial da terra com relação às suas características para agricultura, pecuária ou florestamento. Para seu cálculo, entende como elemento base a densidade de drenagem (definido como a relação entre o comprimento dos rios que a compõem e sua área) e a declividade média da bacia hidrográfica.

O coeficiente de rugosidade indica as áreas com maior risco à erosão, sendo com isso possível a classificação dos potenciais usos em quatro classes:

- Classe A: solos apropriados para agricultura;
- Classe B: solos apropriados para pecuária;
- Classe C: solos apropriados para pecuária/florestamento;
- Classe D: solos apropriados para florestamento;

Sicco-Smit (apud ROCHA, J. et al. 2009) enfoca que para a obtenção das classes de uso potencial A, B, C e D, realiza-se o cálculo da amplitude do CR, que se trata da diferença entre o maior e menor valor obtido. O valor da amplitude é dividido por quatro, determinando assim o intervalo correspondente a cada classe. Os valores do CR (expressos em km^{-1}) de cada sub-bacia enquadram-nas em uma das quatro classes, onde:

- Os menores valores do CR pertencem à Classe A;
- Os maiores valores do CR pertencem à Classe D;

- Os valores intermediários do CR, respeitando os intervalos definidos com base na amplitude, pertencem à Classe B e à Classe C.

Tomando essa metodologia como base, Araújo, Jr. et al. (2002) elaboraram o diagnóstico físico conservacionista para 10 microbacias da bacia hidrográfica do rio Capivara, em Botucatu (SP), onde pautado no coeficiente de rugosidade classificaram-nas para a utilização como agricultura e urbanização, pecuária e reflorestamento, identificando que a principal vocação da região é a pecuária.

Baracuhy et al. (2003) analisaram a deterioração físico-conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho Paus Brancos em Campina Grande (PB). Em sua metodologia utilizaram o coeficiente de rugosidade definindo unidades críticas de deterioração físico-conservacionista a partir da equação da reta, elencando-se valores mínimos, máximos e o valor modal significativo. Aceitando que a deterioração poderia variar de zero a 100%, os respectivos autores identificaram-na alta (34,91%), contribuindo para este valor a pequena cobertura vegetal.

Pissarra et al. (2004) avaliando as características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico em Jaboticabal (SP), utilizaram o coeficiente de rugosidade para determinar as classes de degradação com base nos usos potenciais e identificaram que os solos latossolos eram mais adequados à agricultura e os argissolos ao reflorestamento.

Silva et al. (2010) utilizaram a metodologia proposta por Sicco-Smit para o mapeamento dos conflitos de uso na bacia de drenagem do açude Soledade, no estado da Paraíba. Seus objetivos foram identificar e quantificar os usos conflitantes cruzando os mapas de uso da terra com o da classificação das microbacias segundo o coeficiente de rugosidade (CR). Como resultado, observaram que, a bacia de drenagem do açude Soledade apresenta poucos conflitos de uso, representando apenas 6,6% da área total.

3 ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas possui área de 462,36km² e se localiza entre os paralelos 7°32'S e 7°18'S e os meridianos 36°08'O e 34°48'O, na interface entre a Zona da Mata paraibana e pernambucana. (Figura 1).

3.1 Aspectos físicos

O clima predominante na região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é o Asi, clima tropical úmido, com precipitações médias em torno de 1700mm/ano. A temperatura média da região é de 25°C, sendo o período mais seco o que vai de setembro a dezembro. A evaporação média é de 1.300mm/ano, com uma insolação média na faixa de 2.590 horas.

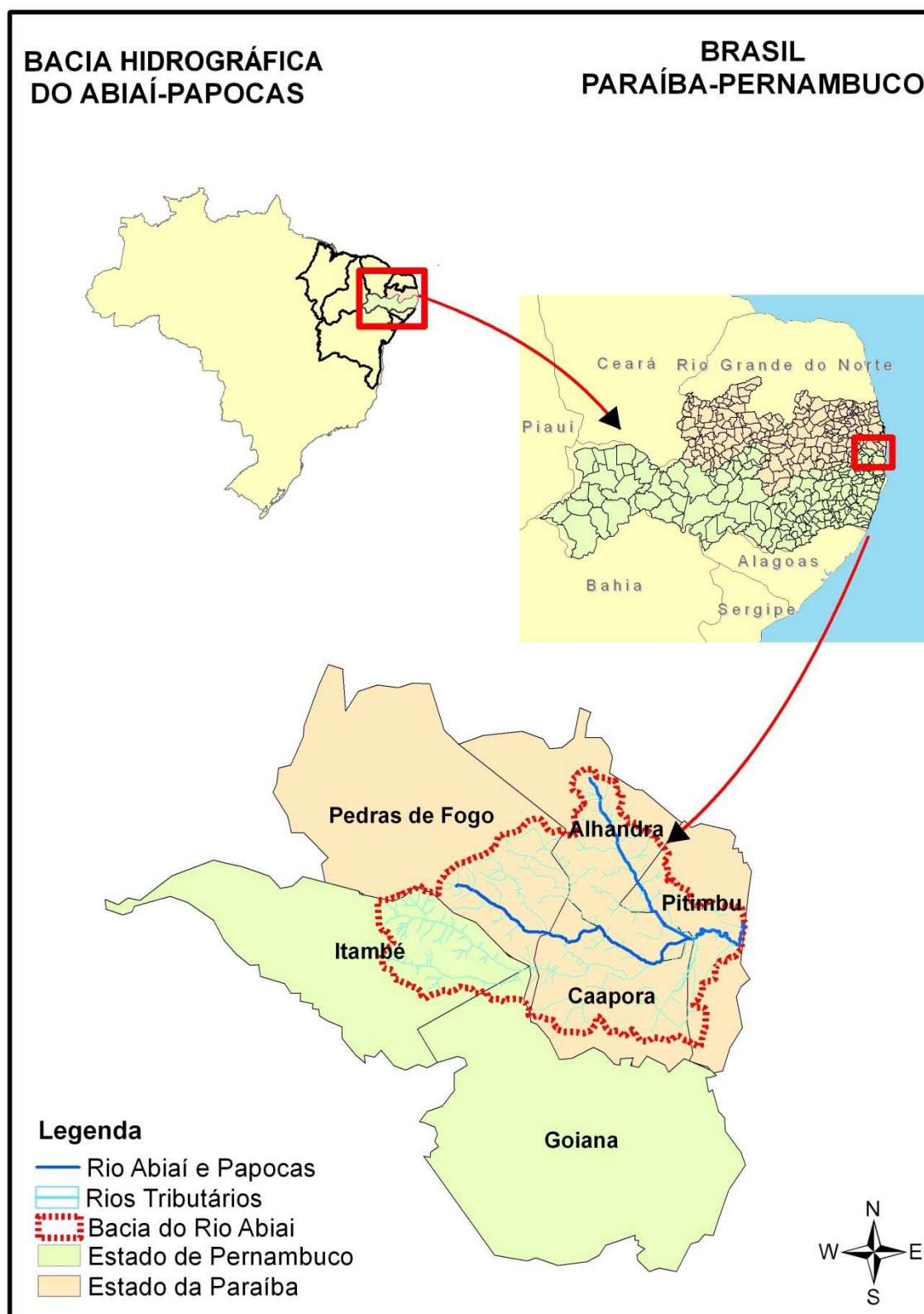
A área está inserida nos domínios da bacia sedimentar Pernambuco-Paraíba, onde se identifica principalmente o grupo Barreiras, a formação Beberibe e Depósitos Aluvionares.

Em termos geomorfológicos se destacam as unidades da Planície Costeira e dos Tabuleiros Costeiros, caracterizados pelas baixas altitudes. O relevo pode variar de plano nas menores altitudes à forte ondulado nas maiores altitudes. A região está inserida na área de abrangência do grupo Barreiras, com idade do terciário superior, onde predominam arenitos finos a médios, ou conglomeráticos com intercalações de siltitos e argilitos. As rochas são localmente recobertas por extensas faixas arenosas coluviais e aluviais indiferenciadas que formam solos altamente permeáveis e lixiviados.

A vegetação da região é caracterizada como sendo do tipo Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial), Floresta Ombrófila Aberta (Faciações da Floresta Ombrófila Densa), Áreas de Formações Pioneiras e Áreas de Tensão Ecológica.

Em termos de ocupação do solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas, verifica-se que a expansão urbana, agrícola e da atividade industrial se configuram como os principais agentes de modificação da paisagem da área de estudo.

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas



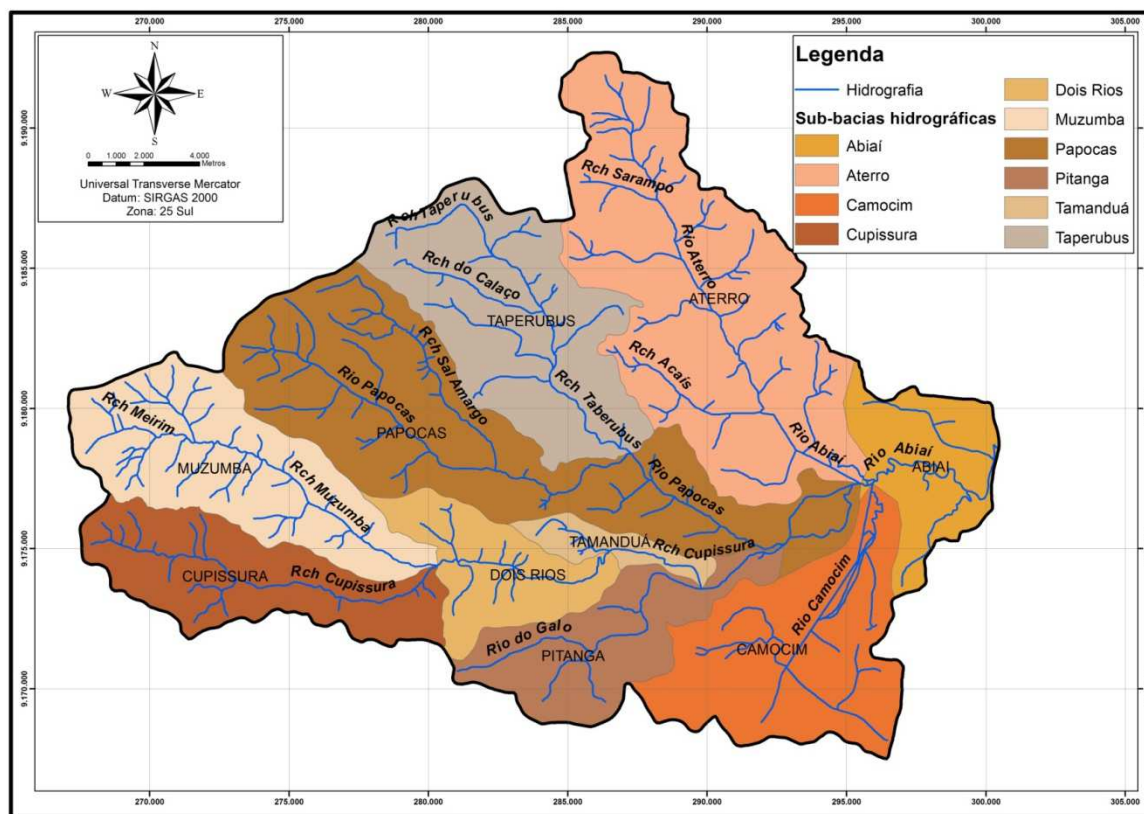
Fonte: elaboração do autor

3.2 Aspectos hidrológicos

Os principais rios componentes da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas são o Abiaí, Aterro, Camocim, Galo, Papocas e Pitanga, além dos riachos Acaís, Caboclinho, Cupissura, Calaço, Dois Rios, Jaguarema, João Gomes, Lava Mangaba, Meirim, Muzumba, Sal Amargo, Sarampo, Taperubus, Tamanduá e Tamataépe, compreendendo, aproximadamente, 405,93 km de cursos d'água.

A bacia hidrográfica pode ser subdivida em 10 sub-bacias (Figura 2) cujas principais características são apresentadas no Quadro 3. A sub-bacia do rio Papocas é a de maior expressividade no tocante ao comprimento de rios, seguida pela sub-bacia do rio Aterro, porém em área essa situação se inverte. A sub-bacia menos representativa em comprimento dos rios é a do Cupissura que corresponde a 0,68%, enquanto que a Dois Rios é a menos representativa em área, correspondendo a 5,12% da área da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas.

Figura 2 – Sub-bacias hidrográficas do Abiaí-Papocas



Fonte: elaboração do autor

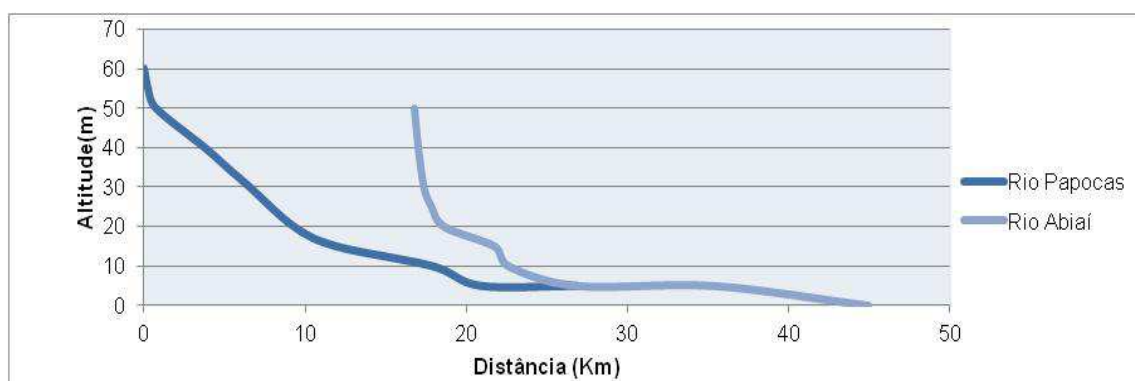
Quadro 3 - Características das sub-bacias da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas

Sub-bacia	Comprimento dos rios (km)	Percentual (%)	Área (km ²)	Percentual (%)
Abiaí	22,77	5,61	24,84	5,37
Aterro	83,40	20,55	93,25	20,17
Camocim	41,53	10,23	50,39	10,90
Cupissura	2,77	0,68	37,18	8,04
Dois Rios	19,10	4,71	23,69	5,12
Muzumba	52,90	13,03	49,22	10,65
Papocas	109,17	26,89	88,30	19,10
Pitanga	22,10	5,44	31,26	6,76
Tamanduá	9,00	2,22	7,38	1,60
Taperubus	43,19	10,64	56,85	12,30
Total	405,93	100,00	462,36	100,00

Fonte: elaboração do autor

Os rios principais são o Abiaí (parte também chamado de rio Aterro) e o Papocas que é afluente ao mesmo. O ponto mais elevado do rio Abiaí se encontra numa altitude de 50m, desembocando no mar, enquanto que o rio Papocas nasce em altitudes próximas a 60m e afluí para o Abiaí. A Figura 3 apresenta o perfil longitudinal desses cursos d'água.

Figura 3 – Perfil longitudinal dos rios Papocas e Abiaí



Fonte: elaboração do autor

A Figura 4 apresenta a subdivisão do alto, médio e baixo curso da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas. O alto curso apresenta uma área de 237,21km², ou 51,33% do total, o médio curso 170,51km² ou 36,88% e o baixo curso 54,64km² ou 11,82%.

Quadro 4 – Caracterização socioeconômica dos municípios da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas

Estado	Município	População (2010)			Economia (2009)		
		Urbana	Rural	Total	Nº de Empresas	Pessoal ocupado	PIB per capita
PB	Alhandra	11.153	6.854	18.007	153	2.862	R\$ 12.351,61
	Caaporã	17.548	2.814	20.362	144	4.662	R\$ 14.258,02
	Pedras de Fogo	16.358	10.674	27.032	180	3.784	R\$ 10.298,03
	Pitimbu	10.384	6.640	17.024	107	759	R\$ 5.234,30
PE	Goiana	58.025	17.619	75.644	1.039	11.832	R\$ 8.521,44
	Itambé	29.424	5.974	35.398	348	2.736	R\$ 4.858,51
Total		142.892	50.575	193.467	1.971	26.635	

Fonte: IBGE Cidades.

Em termos de desenvolvimento econômico se observa que a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas sofre pressões em dois eixos, o primeiro relativo à região metropolitana de João Pessoa, que tende a crescer no sentido sul em direção à região de análise, o segundo relativo à região metropolitana de Recife, cuja direção é inversa e o crescimento ocorre para o norte, sendo a cidade de Goiana uns dos principais polos de desenvolvimento com implantação de grande setor industrial.

Não se pode deixar de observar a pressão ainda exercida e considerada como de maior expressão, que é a da atividade sucroalcooleira, que ocupa boa parte da região da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas.

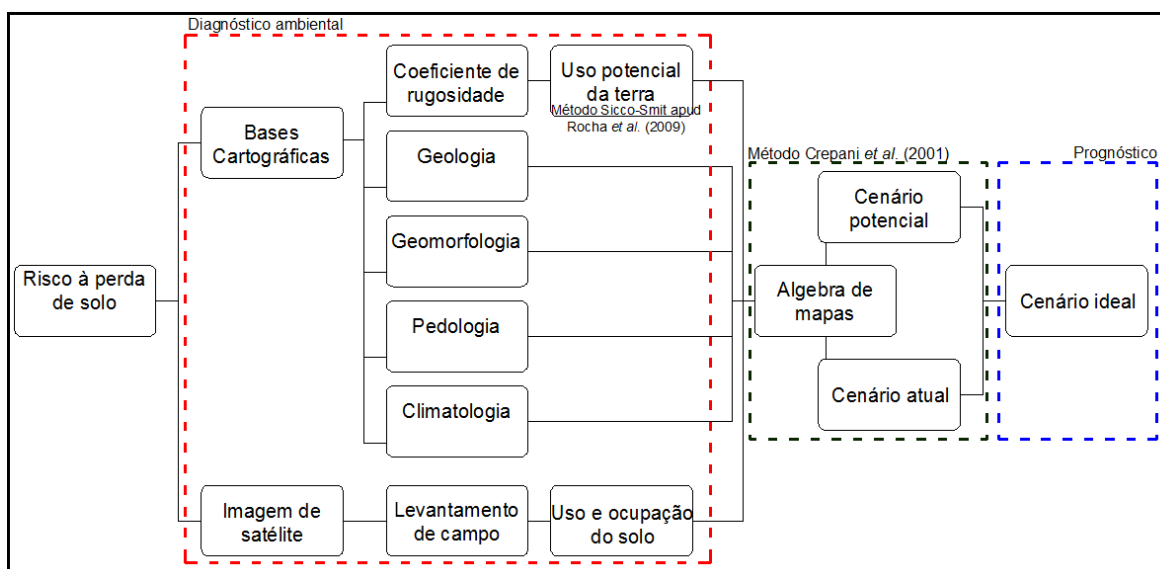
4 METODOLOGIA

A análise de cenários voltados à identificação das possibilidades de perda de solo por processos erosivos comparou duas situações: o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas e o uso planejado com base no Uso Potencial da Terra (SICCO-SMIT apud ROCHA J. et al., 2009).

Para a análise desses cenários pautou-se no risco à perda de solo proposto por Crepani et al. (2001) que tem como subsídios cinco temáticas básicas: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e climatologia. Estes temas estavam disponíveis em diversas bases, contudo, em escalas, sistema de projeção e épocas diferentes de elaboração, o que obrigou a homogeneização das informações de forma a permitir a álgebra de mapas necessária à definição do risco.

A figura 5 apresenta o fluxograma adotado para execução da análise, sendo esta dividida em três etapas. A primeira consiste no diagnóstico realizado a partir de bases cartográficas e imagem de satélite. A segunda na aplicação do método desenvolvido por Crepani et al. (2001) e a terceira no cruzamento de cenários para definição do cenário ideal e realização dos prognósticos.

Figura 5 – Fluxograma para análise do risco à perda de solo



Fonte: elaboração do autor

4.1 Homogeneização e tratamento dos dados

A bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas se configura como uma extensão territorial com partes pertencente a dois estados, Paraíba e Pernambuco, necessitando da integração das informações disponíveis a fim de se obter uma base cartográfica única.

Os dados básicos para elaboração das diversas temáticas se encontravam em meio analógico e em meio digital tipo CAD – *Computer Aided Design*, e em formato *shapefile*. As escalas desses produtos variavam de 1:25.000 a 1:100.000.

Os dados em meio analógico passaram por um processo de digitalização em scanner de grande formato, com resolução de 300 *dpi* (pontos por polegadas). O sistema de projeção desses dados era o Universal Transverse Mercator - UTM e o datum horizontal o Córrego Alegre, Zona 25 Sul. Posteriormente essas cartas foram digitalizadas em software de CAD e importadas para o formato *shapefile*.

Todos os dados foram convertidos para formato *shapefile* e reprojetados para o datum horizontal SIRGAS 2000, sendo definido como escala do mapeamento a 1:100.000. Todos os mapas foram elaborados usando o software ArcGis 10.1.

Os dados, em alguns casos, abrangiam a área completa de ambos os estados, sendo necessário o uso da ferramenta *CLIP* do ArcGis 10.1 para recorte da área objeto de estudo.

4.2 Álgebra de mapas

Definidos e delimitados os temas de estudos e atribuídos a esses seus respectivos valores de risco, realizou-se a álgebra de mapas para a determinação do risco à perda de solo para a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas.

Segundo Rocha, C. (2002) os operadores algébricos de mapas são as ferramentas necessárias para a combinação matemática de camadas de dados. Esses podem modificar aritmeticamente os valores dos atributos por aplicação de um escalar ou por aplicação de operações padrões, tais como as trigonométricas, além de combinar matematicamente diferentes camadas de dados para produzir um resultado composto por meio da adição, subtração, multiplicação e divisão.

Os *shapefiles* dos temas básicos são representações vetoriais que foram convertidas para o formato raster (TIF) e então aplicados à operação algébrica de combinação matemática por adição e divisão.

4.3 Elaboração dos mapas temáticos básicos

4.3.1 GEOLOGIA

A Carta Geológica da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas foi elaborada a partir de dados em formato *shapefile* disponíveis para o estado da Paraíba na base de dados da Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, Meio Ambiente e Ciência e Tecnologia – SERHMACT/PB, e para o estado de Pernambuco na base de dados disponibilizada pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

4.3.2 GEOMORFOLOGIA

A Carta Geomorfológica da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas foi elaborada em três etapas, conforme sugerido por Crepani et al. (2001), que consideram que o tema geomorfológico deve se pautar nos índices morfométricos do terreno, sendo eles dissecação do relevo pela drenagem, amplitude altimétrica e declividade.

Para subsidiar a construção dessas três temáticas se fez necessária a obtenção de curvas de nível da bacia hidrográfica. Para tal foram utilizadas as cartas topográficas da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, correspondentes às folhas: SB.25-Y-C-II-4-NE, SB.25-Y-C-II-4-SE, SB.25-Y-C-III-3-NE, SB.25-Y-C-III-3-NO, SB.25-Y-C-III-3-SE, SB.25-Y-C-III-3-SO, SB.25-Y-C-IV-1-NO e SB.25-Y-C-IV-1-NE, todas em escala 1:25.000. Sendo digitalizadas, vetorizadas e posteriormente convertidas para o formato *shapefile*.

A obtenção da intensidade de dissecação do relevo pela drenagem pautou-se nas unidades territoriais básicas definidas pelas sub-bacias do rio Abiaí-Papocas, utilizando a densidade de drenagem, ou seja, razão entre o comprimento dos canais e as áreas das sub-bacias.

A obtenção da amplitude altimétrica e declividade tomou como base as curvas de nível em meio analógico e utilizou-se o software comercial TopoEVN para seu cálculo.

Tomando os índices morfométricos como referência e os sobrepondo, elaborou-se a carta geomorfológica da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas.

4.3.3 PEDOLOGIA

A Carta Pedológica da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas foi elaborada a partir dos levantamentos de solo realizados pela SERHMACT/PB para o estado da Paraíba e os realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA para o estado de Pernambuco.

4.3.4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO (VEGETAÇÃO)

A Carta de Uso e Ocupação do Solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas foi elaborada a partir de imagem de satélite Landsat 5 referente ao ano de 2006, disponível no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

As imagens foram tratadas no software SPRING 5.1, sendo realizada a segmentação da imagem e posterior classificação com a definição dos usos do solo.

Definido os usos predominantes na bacia hidrográfica, realizou-se visita de campo com o auxílio de coletor de dados GPS (Sistema de Posicionamento Global) para a validação dos resultados obtidos a partir da interpretação da imagem de satélite.

4.3.5 USO POTENCIAL DA TERRA

O uso potencial da terra foi definindo para as sub-bacias hidrográficas do Abiaí-Papocas, sendo calculado individualmente o coeficiente de rugosidade.

O coeficiente de rugosidade é definido pela Equação 2, devida a Sicco-Smit (apud ROCHA, J. *et al* 2009):

$$CR = D.H \quad (2)$$

Onde:

CR = Coeficiente de Rugosidade (km^{-1})

D = Densidade de drenagem da sub-bacia (km/km^2)

H = Declividade (adimensional)

A densidade de drenagem das sub-bacias foi determinada de acordo com a Equação 3.

$$D = Cc / A \quad (3)$$

Onde:

D = Densidade de drenagem da sub-bacia (km/km^2)

Cc = Comprimento dos cursos d'água da sub-bacia (km)

A = Área da sub-bacia (km^2)

Para o cálculo da declividade média se utilizou o modelo proposto por Rocha J. et al. (2009), uma vez que o mapa de declividade gerado para a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas considerava faixas e não valores absolutos.

A declividade média foi calculada com base na Equação 4.

$$H = ((\sum LCn \times \Delta h)/A) \quad (4)$$

Onde:

H = Declividade (adimensional)

$\sum LCn$ = Somatório dos comprimentos de todas as curvas nível mapeadas na sub-bacia (m)

Δh = equidistância das curvas de nível (m)

A = Área da sub-bacia (m^2)

Definidos os valores da densidade de drenagem de cada sub-bacia e a declividade, foi calculado o coeficiente de rugosidade. Para classificação dos usos se determinou a amplitude entre os valores encontrados e considerou-se um

intervalo para quatro classes de potencial de uso da terra, conforme apresentado no Quadro 5.

O valor da amplitude é dividido por quatro, determinando assim o intervalo correspondente a cada classe:

- Os menores valores do CR pertencem à Classe A;
- Os valores intermediários, respeitando os intervalos definidos com base na amplitude pertencem à Classe B e à Classe C;
- Os maiores valores do CR pertencem à Classe D.

Quadro 5 - Classes e usos potenciais da terra

Classe	Intervalo do CR	Uso
A	0,006 – 0,026	Agricultura
B	0,027 – 0,047	Pecuária
C	0,048 – 0,068	Florestamento/Pecuária
D	0,069 – 0,089	Florestamento

Fonte: adaptado de Sicco-Smit apud Rocha J. et al. (2009)

4.3.6 CLIMATOLOGIA

A Carta Climatológica da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas foi elaborada com base nos dados disponíveis no Atlas Climatológico do Estado da Paraíba (VAREJÃO-SILVA, 1984) e para o estado de Pernambuco, na base de dados disponibilizada pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

A definição da intensidade pluviométrica mensal tomou como base o Mapa de Isoietas Anuais, sendo então calculada a precipitação média mensal, adotando como referência que a região apresenta seis meses chuvosos.

4.4 Elaboração dos mapas de risco

4.4.1 RISCO AO TEMA GEOLOGIA

O mapeamento da geologia considerou a classificação por tipo de formação. Identificada esta, correlacionou-se com a litologia predominante e posteriormente com a escala de risco à denudação das rochas mais comuns

apresentada por Crepani et al. (2001), classificando conforme observado no Quadro 6.

Quadro 6 - Litologia e propensão ao risco

Litologia	Média	Propensão ao risco
Quartzitos ou metaquartzito	1,0	Estável
Riólito, Granito, Dacito	1,1	
Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,2	
Migmatitos, Gnaisses	1,3	
Fonólito, Nefelina, Sienito, Traquito, Sienito	1,4	Moderadamente estável
Andesito, Diorito, Basalto	1,5	
Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6	
Milonitos, Quartzo, muscovita, Biotita, Clorita xisto	1,7	
Piroxenito, Anfíbolito, Kimberlito, Dunito	1,8	Medianamente estável/instável
Hornblenda, Tremolita, Actinolita, xisto	1,9	
Estaurolita xisto, Xistos granatíferos	2,0	
Filito, Metassilito	2,1	
Ardósia, Metargilito	2,2	Moderadamente instável
Mármore	2,3	
Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4	
Conglomerados, Subgrauvacas	2,5	
Grauvascas, Arcózios	2,6	Instável
Siltitos, Argilitos	2,7	
Folhelhos	2,8	
Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9	
Sedimentos, Inconsolidados: Aluviões, Colúvios	3,0	

Fonte: adaptado de Crepani et al. (2001)

4.4.2 RISCO AO TEMA GEOMORFOLOGIA

Para a construção do risco ao tema geomorfologia Crepani et al. (2001) sugerem que seja realizada a média aritmética dos riscos para os subtemas intensidade de dissecação do relevo pela drenagem, amplitude altimétrica e declividade, conforme observado na Equação 5.

$$R = (G + A + D)/3 \quad (5)$$

Onde:

R = Risco para o tema geomorfologia.

G = Risco atribuído à intensidade de dissecação do relevo.

A = Risco atribuído à amplitude altimétrica.

D = Risco atribuído à declividade.

A definição das faixas de valores adotados para a construção das três temáticas considerou a proposição de Crepani et al. (2001). Na elaboração da temática intensidade de dissecação do relevo foram consideradas as densidades de drenagem, que são o inverso dos valores de amplitude do interflúvio, definindo assim seus valores, classificando conforme apresentado no Quadro 7. Na temática amplitude altimétrica a correlação foi realizada conforme apresentado no Quadro 8 e na temática declividade conforme Quadro 9.

Quadro 7 - Amplitude do interflúvio e propensão ao risco

Amplitude do interflúvio (m)	Média	Propensão ao risco
>5000	1,0	Estável
4750 - 5000	1,1	
4500 - 4750	1,2	
4250 - 4500	1,3	
4000 - 4250	1,4	Moderadamente estável
3750 - 4000	1,5	
3500 - 3750	1,6	
3250 - 3500	1,7	
3000 - 3250	1,8	Medianamente estável/instável
2750 - 3000	1,9	
2500 - 2750	2,0	
2250 - 2500	2,1	
2000 - 2250	2,2	Moderadamente instável
1750 - 2000	2,3	
1500 - 1750	2,4	
1250 - 1500	2,5	
1000 - 1250	2,6	Instável
750 - 1000	2,7	
500 - 750	2,8	
250 - 500	2,9	
<250	3,0	

Fonte: adaptado de Crepani et al. (2001)

Quadro 8 - Amplitude altimétrica e propensão ao risco

Amplitude altimétrica (m)	Média	Propensão ao risco
<20	1,0	Estável
20 a 29,5	1,1	
29,5 a 39	1,2	
39 a 48,5	1,3	
48,5 a 58	1,4	Moderadamente estável
58 a 67,5	1,5	
67,5 a 77	1,6	
77 a 84,5	1,7	
84,5 a 94	1,8	Medianamente estável/instável
94 a 103,5	1,9	
103,5 a 113	2,0	
113 a 122,5	2,1	
122,5 a 132	2,2	Moderadamente instável
132 a 141,5	2,3	
141,5 a 151	2,4	
151 a 160,5	2,5	
160,5 a 170	2,6	Instável
170 - 179,5	2,7	
179,5 - 189	2,8	
189 - 200	2,9	
>200	3,0	

Fonte: adaptado de Crepani et al. (2001)

Quadro 9 - Declividade e Propensão ao risco

Declividade (%)	Classe morfométrica	Média	Propensão ao risco
< 2	Muito Baixa	1,0	Estável
2 a 6	Baixa	1,5	Moderadamente estável
6 a 20	Média	2,0	Medianamente estável/instável
20 a 50	Alta	2,5	Moderadamente instável
>50	Muito Alta	3,0	Instável

Fonte: adaptado de Crepani et al. (2001)

Definidos os valores de risco para os subtemas da geomorfologia, foi realizada a álgebra de mapas, gerando a carta de risco ao tema geomorfologia para a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas.

4.4.3 RISCO AO TEMA PEDOLOGIA

O mapeamento da pedologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas identificou as classes de solo as quais foram correlacionadas com os valores de estabilidade/instabilidade dos solos apresentados por Crepani et al. (2001). Na construção dessa escala os autores consideraram o grau de desenvolvimento ou maturidade do solo, sendo os solos desenvolvidos os mais estáveis e os menos

desenvolvidos os mais instáveis. O Quadro 10 apresenta a relação entre classes de solo e a sua propensão ao risco.

Quadro 10 - Classe de solo e propensão ao risco

Classe de solo	Legenda	Média	Propensão ao risco
Latossolos	L	1,0	Estável
Argissolos	PV	2,0	Medianamente Estável/Instável
Luvissolos	T		
Chernossolos	M		
Planossolos	S		
Espodossolos	E		
Cambissolos	C	2,5	Moderadamente instável
Neossolos	R	3,0	Instável
Vertissolos	V		
Organossolos	O		
Gleissolos	G		
Plintossolos	F		
Afloramento rochoso	---		

Fonte: adaptado de Crepani et al. (2001)

4.4.4 RISCO AO TEMA VEGETAÇÃO (USO E OCUPAÇÃO DO SOLO)

4.4.4.1 Risco do uso e ocupação do solo

A definição do risco para o tema vegetação (uso e ocupação do solo) adaptou o método apresentado por Crepani et al. (2001), uma vez que esses consideram apenas a densidade da vegetação como parâmetro a ser obtido e não considera as demais formas de ocupação do solo. O Quadro 11 apresenta a correlação entre usos e sua propensão ao risco.

Quadro 11 - Uso e ocupação do solo e propensão ao risco

Uso e ocupação do solo	Média	Propensão ao risco
Hidrografia	1,0	Estável
Vegetação de Mata Atlântica	1,0	
Vegetação de Mangue	1,4	Moderadamente Estável
Exploração Granjeira	2,8	Instável
Exploração Agropecuária	2,9	
Rodovias	3,0	
Mineração	3,0	
Área Industrial	3,0	
Área Urbana	3,0	

Fonte: adaptado de Crepani et al. (2001)

4.4.4.2 Risco do uso potencial da terra

A definição do risco para o uso potencial da terra adaptou a metodologia de Crepani et al. (2001) correlacionando os usos potenciais com sua propensão ao risco, conforme apresentado no Quadro 12.

Quadro 12 - Usos potenciais da terra e propensão ao risco

Classe	Uso	Média	Propensão ao risco
A	Agricultura	2,9	Instável
B	Pecuária	2,8	
C	Florestamento/Pecuária (Savana Florestada)	1,7	Moderadamente Estável
D	Florestamento (Vegetação de Mata Atlântica)	1,0	Estável

Fonte: adaptado de Crepani et al. (2001) e Sicco-Smit apud Rocha J. (2009)

4.4.5 RISCO AO TEMA CLIMATOLOGIA

O mapeamento da climatologia apresentou a intensidade pluviométrica sendo correlacionada com a escala de erosividade da chuva e valores de risco à perda de solo apresentada por Crepani et al. (2001), classificando o risco ao clima conforme apresentado no Quadro 13.

Quadro 13 - Intensidade pluviométrica e Propensão ao risco

Intensidade pluviométrica (mm/mês)	Média	Propensão ao risco
< 50	1,0	Estável
50 - 75	1,1	
75 - 100	1,2	
100 - 125	1,3	
125 - 150	1,4	Moderadamente estável
150 - 175	1,5	
175 - 200	1,6	
200 - 225	1,7	
225 - 250	1,8	Medianamente estável/instável
250 - 275	1,9	
275 - 300	2,0	
300 - 325	2,1	
325 - 350	2,2	Moderadamente instável
350 - 375	2,3	
375 - 400	2,4	
400 - 425	2,5	
425 - 450	2,6	Instável
450 - 475	2,7	
475 - 500	2,8	
500 - 525	2,9	
> 525	3,0	

Fonte: adaptado de Crepani et al. (2001)

4.4.6 RISCO À PERDA DE SOLO

O risco à perda de solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas foi elaborado para dois cenários. O primeiro, considerando o uso presente, denominado de Cenário Atual, que apresenta os níveis atuais de risco e o segundo o uso potencial, denominando de Cenário Potencial, que apresenta os níveis de risco caso houvesse um planejamento da ocupação do solo.

O cálculo do risco em ambos os casos considerou a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), onde se aplica a Equação 1 a partir do processo de álgebra de mapas, sendo os resultados comparados à escala de propensão ao risco à perda de solo (Quadro 2).

4.4.7 ANÁLISE DOS CENÁRIOS DE RISCO À PERDA DE SOLO

Os Cenários Atual e Potencial possibilitaram avaliar a propensão ao risco a que está submetida à bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas. A análise a partir dos valores quantitativos obtidos não permitiu identificar espacialmente qual dos cenários é o ideal para futuro planejamento do espaço, identificando apenas a proporção desses em relação à bacia hidrográfica.

Para a análise espacial que permitisse uma definição exata das porções do território, onde a adoção de um cenário planejado diminuiria a propensão ao risco, a utilização da álgebra de mapas se mostra como técnica adequada.

Para aplicação da álgebra de mapas definiu-se uma equação empírica (Equação 6) que relaciona ambos cenários e identifica em que porções do espaço ocorrem as menores propensões ao risco e qual cenário é responsável por esse, logo:

$$D_{RS} = RS_{UA} - RS_{UP} \quad (6)$$

Onde:

D_{RS} = Diferença entre os Cenários Atual e Potencial quanto ao risco à perda de solo.

RS_{UA} = Risco à perda de solo do Cenário Atual.

RS_{UP} = Risco à perda de solo do Cenário Potencial.

Os resultados possíveis para Equação 6 permitiram identificar três situações:

- $D_{RS} = 0$, as propensões ao risco dos Cenários Atual e Potencial são idênticas.
- $D_{RS} > 0$, as propensões ao risco do Cenário Atual são maiores que os do Cenário Potencial, logo esse é mais propenso às perdas de solo.
- $D_{RS} < 0$, as propensões ao risco do Cenário Potencial são maiores que os do Cenário Atual, logo esse é mais propenso às perdas de solo.

Essas situações auxiliam na definição de qual cenário deve ser adotado para determinada porção do espaço de tal forma que a propensão às perdas naturais de solo seja minimizada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Geologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas

A geologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas se caracteriza pela predominância de formações do período terciário e, em menor expressão, com formações do período pré-cambriano. O Quadro 14 apresenta a distribuição percentual das diversas formações ocorrentes na área. Na Carta Geológica (Apêndice A) presente no apêndice observa-se a espacialização dessas formações.

Quadro 14 - Composição geológica da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas

Formação	Litologia	Área (km²)	Percentual (%)
Corpo Granitoídes Indiscriminados	Granito, Granodiorito, Monzogranito	0,26	0,06
Complexo Salgadinho	Metagranito, Metagranodiorito, Metatonalito, Metatrondhemito	0,37	0,08
Complexo Vertente	Paragnaisse, Metavulcânica Intermediária a Máfica, Metavulcanoclástica	17,72	3,83
Formação Beberibe	Arenito	64,46	13,94
Grupo Barreiras	Arenito, Arenito conglomerático, Argilito Arenoso	248,52	53,75
Formação Gramame	Calcarenito, Calcário, Fosforito	19,79	4,28
Depósitos Aluvionares	Sedimento Aluvionar, Sedimento Detrito-Laterítico	111,24	24,06
Total		462,36	100,00

Fonte: elaboração do autor

As formações referentes ao período terciário são:

- Formação Beberibe: corresponde a 13,94% da área e designa o afloramento fossilífero das camadas microclásticas que ocorrem no vale do Rio Beberibe. Trata-se de uma sequência essencialmente arenosa com uma espessura média de 200m, em geral sem fósseis, constituída de arenitos friáveis (ALHEIROS apud SANTOS, 2002).
- Grupo Barreiras: a mais representativa na bacia hidrográfica, correspondendo a 53,75% da área, é caracterizada pela presença de fácies típica de um sistema fluvial entrelaçado e transicionais para leques fluviais. Acredita-se que esse grupo representa a evolução de um sistema fluvial construído em fortes gradientes e sob clima

predominantemente árido sujeito a oscilações (ALHEIROS apud SANTOS, 2002).

- c) Formação Gramame: corresponde a 4,28% da área. Segundo Santos (2002), esta formação compreende um pacote sedimentar com até 55m de espessura, composta por calcários argilosos cinzentos de fácies marinha plena, com algumas intercalações finas de argila, geralmente bioturbadas, e camadas margas e argilas mais puras.
- d) Depósitos aluvionares: a segunda mais representativa, correspondendo a 24,06% da superfície da bacia hidrográfica. Santos (2002) caracteriza-a como sedimentos de praias que ocorrem na faixa litorânea.

As formações referentes ao período Pré-Cambriano são:

- a) Corpos Granitóides Indiscriminados: a formação de menor representatividade na bacia hidrográfica, correspondendo a 0,06% de sua superfície. Segundo Santos (2002), caracterizam-se por serem representados por um espesso pacote de metapelitos de fácies dominante anfibólito contendo raras intercalações de metacalcários, rochas calcissilicáticas e anfibolito.
- b) Complexo Vertente: corresponde a 3,83% da superfície da bacia hidrográfica. Segundo Santos (2002), representa a unidade metavulcanossedimentar característica do Terreno Rio Capibaribe, trata-se de uma sequência metavulcanoclástica, intercalada em uma sequência de paragneisses pelíticos, cuja ambiência é interpretada como de arco vulcânico.
- c) Complexo Salgadinho: pouco representativo, com 0,08% da superfície da bacia hidrográfica. Segundo Mascarenhas et al. (2005), é composto por ortogneisse Tonalítico agranítico e da Suíte Shoshonítica Salgueiro/Terra Nova representada por biotita-hornblenda quartzomonzonítico a granito.

Em termos de risco a perda de solo para o tema geologia as formações do terciário são consideradas as mais instáveis, sendo as formações do pré-cambriano as mais estáveis. O Quadro 15 apresenta a distribuição da propensão ao risco ao tema geologia, e sua espacialização é observada na carta presente no Apêndice B.

Quadro 15 - Propensão ao risco para o tema Geologia

Unidade	Formação	Propensão ao risco	Área (km²)	Percentual (%)
U19	Corpo Granitoídes Indiscriminados	Estável	18,35	3,97
	Complexo Salgadinho			
U18	Complexo Vertente			
U7	Formação Beberibe	Moderadamente Instável	312,98	67,69
U2	Grupo Barreiras	Instável	131,03	28,34
	Formação Gramame			
U1	Depósitos Aluvionares			
Total			462,36	100,00

Fonte: elaboração do autor

A análise do Quadro 15 indica que a bacia hidrográfica apresenta predominantemente níveis moderados de instabilidade que se correlacionam com as formações do período terciário. A estabilidade ocorre apenas nas formações do período pré-cambriano, sem representatividade, permitido considerar que a formação geológica confere a esta um caráter de instabilidade à perda do solo com predominância da morfogênese.

5.2 Geomorfologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas

A caracterização da geomorfologia para definição do risco à perda de solo perpassa pela necessidade de sua análise morfométrica, identificando a intensidade de dissecação do relevo, a amplitude altimétrica e as classes de declividade.

Em termos de intensidade de dissecação do relevo para bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas, observa-se no Quadro 16 que ocorrem quatro faixas de amplitude do interflúvio cuja espacialização pode ser analisada na carta de Intensidade de Dissecação do Relevo presente no Apêndice C.

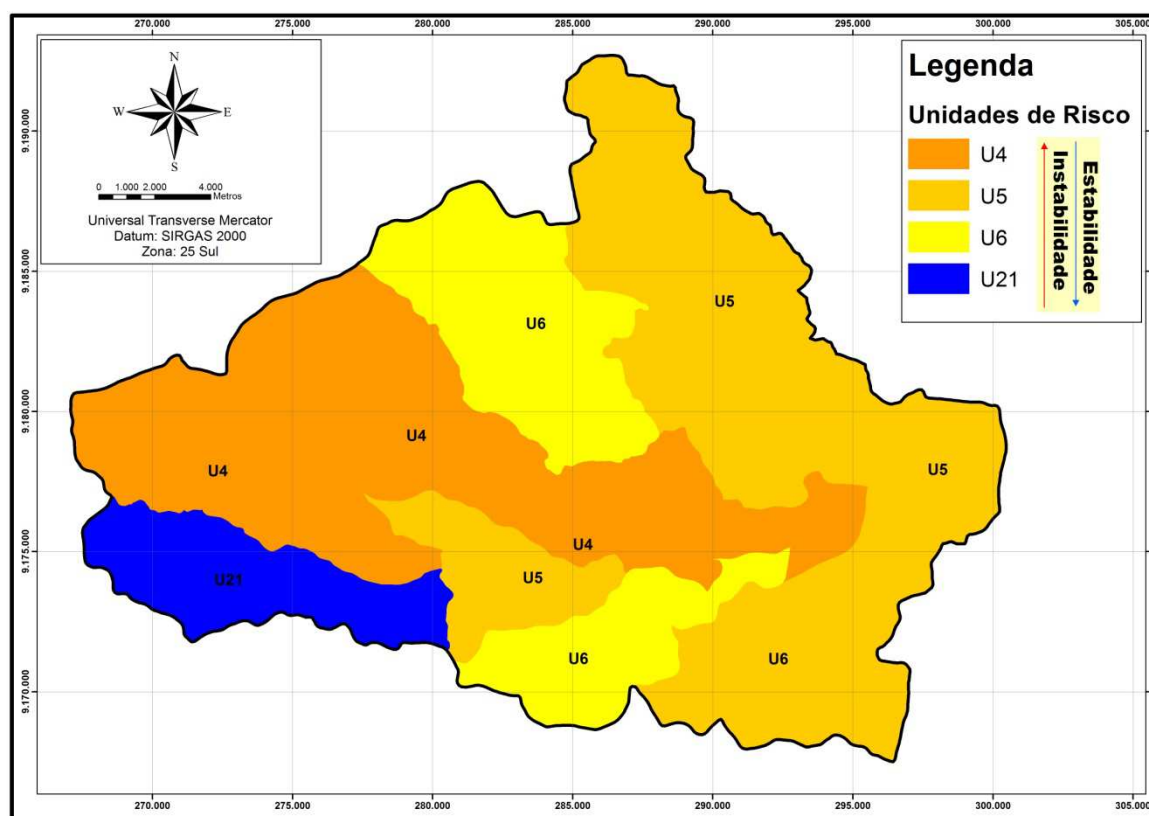
Quadro 16 - Risco para a amplitude do interflúvio

Unidade	Amplitude do interflúvio	Média	Área (km²)	Percentual (%)	Propensão ao risco
U4	750 a 1000	2,7	144,91	31,34	Instável
U5	1000 a 1250	2,6	280,27	60,62	Moderadamente Instável
U6	1250 a 1500	2,5			
U21	> 5000	1,0	37,18	8,04	Estável
Total			462,36	100,00	

Fonte: elaboração do autor

Os riscos em níveis moderados de instabilidade são dominantes, ou seja, ocorre o predomínio dos processos morfogenéticos uma vez que apresentam valores pequenos de amplitude do interflúvio e grandes intensidades de dissecação. Salienta-se que numa pequena porção da bacia hidrográfica a amplitude do interflúvio apresenta valores maiores, logo predomínio da pedogênese conferindo-a estabilidade (Figura 6).

Figura 6 – Risco do subtema intensidade de dissecação do relevo



Fonte: elaboração do autor

Analisando a amplitude altimétrica a menor altitude identificada foi a do nível do mar na desembocadura dos rios Abiaí-Papocas e a maior altitude a de

170m, a noroeste da bacia hidrográfica. Observam-se no Quadro 17 as amplitudes altimétricas, sendo definidas 17 faixas. A espacialização pode ser observada na Carta de Amplitude Altimétrica presente no Apêndice D.

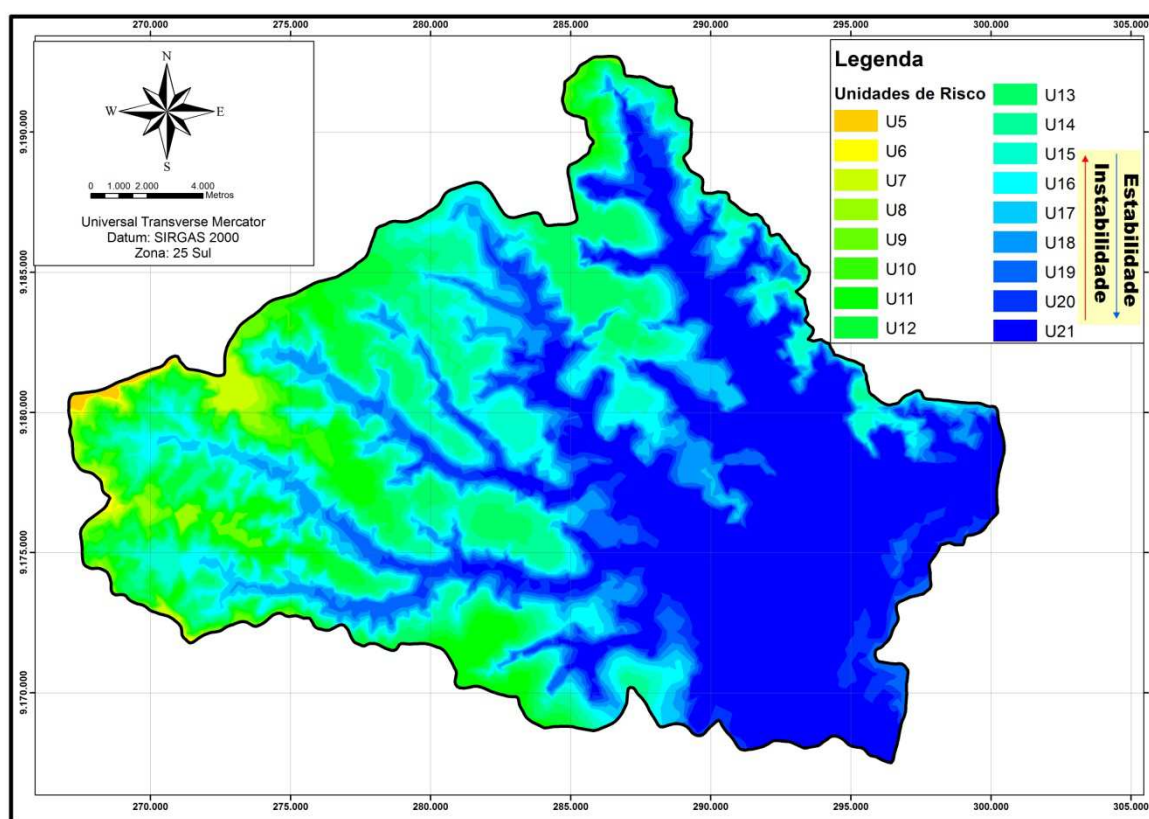
Quadro 17 - Risco para a amplitude altimétrica

Unidade	Amplitude altimétrica	Média	Área (km²)	Percentual (%)	Propensão ao risco
U21	<20	1,0	224,00	48,45	Estável
U20	20 a 29,5	1,1			
U19	29,5 a 39	1,2			
U18	39 a 48,5	1,3			
U17	48,5 a 58	1,4			
U16	58 a 67,5	1,5	141,08	30,51	Moderadamente Estável
U15	67,5 a 77	1,6			
U14	77 a 84,5	1,7			
U13	84,5 a 94	1,8			
U12	94 a 103,5	1,9			
U11	103,5 a 113	2,0	88,49	19,14	Medianamente Estável/Instável
U10	113 a 122,5	2,1			
U9	122,5 a 132	2,2			
U8	132 a 141,5	2,3			
U7	141,5 a 151	2,4			
U6	151 a 160,5	2,5	8,79	1,90	Moderadamente Instável
U5	160,5 a 170	2,6			
Total			462,36	100,00	

Fonte: elaboração do autor

Segundo Crepani et al. (2001), quanto maior a amplitude altimétrica maior é a energia potencial, logo a água apresentará maior energia cinética no seu percurso e, conseqüentemente, maior capacidade de erosão. Na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas em 48,85% de sua área as amplitudes são baixas, predominando os processos pedogenéticos, conseqüentemente graus de estabilidade e em apenas 1,90% os processos morfogenéticos ocorrem, conferindo o nível moderadamente instável à perda de solo (Figura 7).

Figura 7 – Risco do subtema amplitude altimétrica.



Fonte: elaboração do autor

A declividade da bacia foi definida em quatro classes com variações de 0 até 50%. No Quadro 18 observam-se essas classes e as suas respectivas propensões ao risco. A espacialização da declividade consta na Carta de Declividade presente no Apêndice E.

Quadro 18 - Risco para a declividade

Unidade	Declividade (%)	Classe morfométrica	Média	Área (km²)	Percentual (%)	Propensão ao risco
U21	< 2	Muito Baixa	1,0	115,78	25,04	Estável
U16	2 a 6	Baixa	1,5	23,38	5,06	Moderadamente Estável
U11	6 a 20	Média	2,0	320,25	69,26	Medianamente Estável/Instável
U6	20 a 50	Alta	2,5	2,95	0,64	Moderadamente Instável
Total				462,36	100,00	

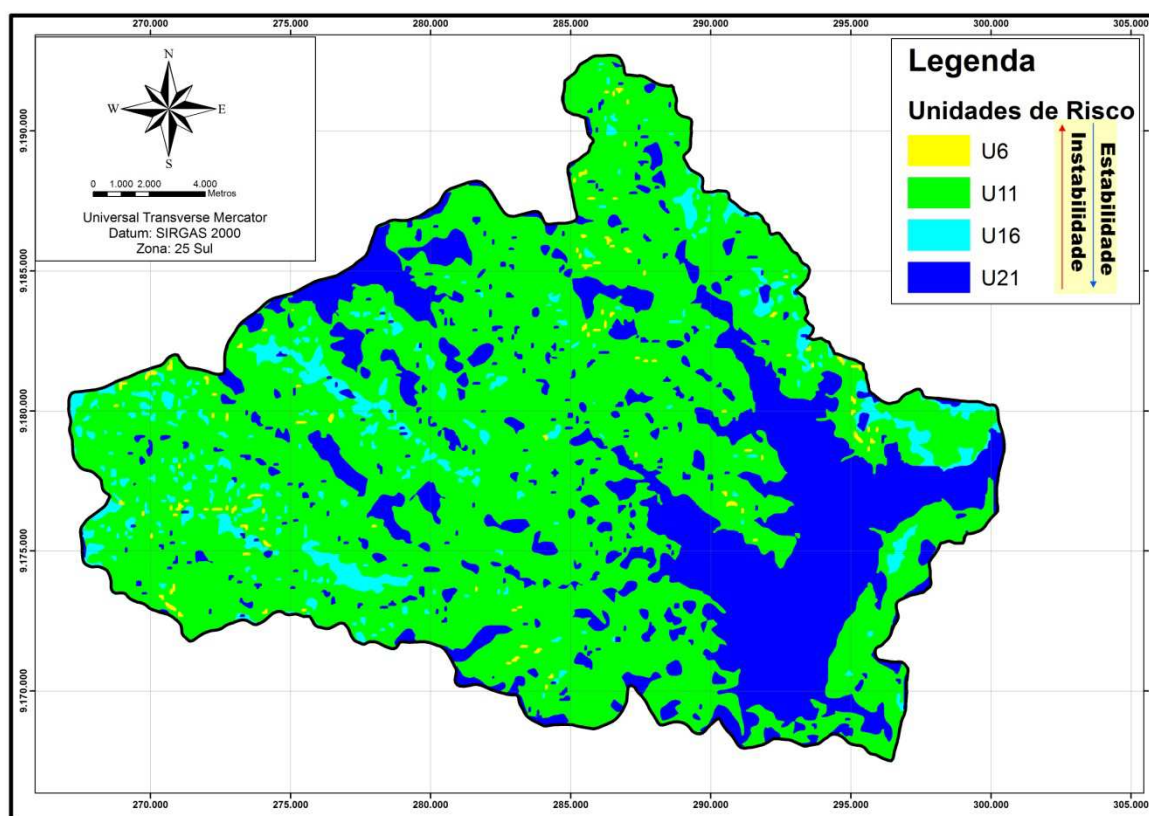
Fonte: elaboração do autor

Crepani et al. (2001) afirmam que quanto maior a declividade mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais transforma-se em energia

cinética, logo também é maior a capacidade de transporte, fazendo com que prevaleçam os processos de morfogênese. Verifica-se que na bacia hidrográfica a declividade predominante, ocorrendo em 69,26% de sua área, varia entre 6 a 20%, sendo enquadrada na classe morfométrica média, onde existe um equilíbrio entre os processos de morfogênese de pedogênese, sendo considerada na escala de risco à perda de solo como medianamente estável ou instável.

Em 30,10% da área da bacia hidrográfica a declividade é muito baixa ou baixa, prevalecendo os processos pedogenéticos, logo sendo enquadrado em níveis estáveis a moderadamente estáveis de perda de solo. Em somente 0,64% de sua área os processos morfogenéticos ocorrem, sendo considerados os riscos como moderadamente instáveis (Figura 8).

Figura 8 – Risco ao subtema declividade



Fonte: elaboração do autor

A combinação destes elementos permite a elaboração da Carta Geomorfológica, bem como a da Carta de Risco baseada nos índices determinados na análise morfométrica.

Na Carta Geomorfológica da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas (Apêndice F) se observam os compartimentos morfogenéticos onde se destacam as formas cujos processos de dissecação são evidenciados pelo relevo plano e suave ondulado, ainda observando grandes evidências do processo de dissecação nos setores onde o relevo é mais pronunciado, caracterizando-se por um relevo forte ondulado e vertentes pronunciadas, sendo identificadas as seguintes formações:

- a) Superfícies de relevo plano: zonas onde há predominância de declividades variando de 0 a 2%, com baixas amplitudes altimétricas (Figura 9).
- b) Superfícies com relevo suave ondulado: zonas onde a declividade varia de 2 a 6%, níveis baixo a moderado de amplitude altimétrica (Figura 10).
- c) Superfícies com relevo forte ondulado: são zonas onde há declividade variando de 6 a 20%, com moderada amplitude altimétrica (Figura 11).
- d) Superfícies de interflúvio plano: zonas onde a declividade pode variar entre 6 e 20%, com níveis de amplitudes grande e médios e moderada variação altimétrica (Figura 12).
- e) Superfícies com interflúvio forte ondulado: zonas onde a declividade varia de 20 a 50%, com níveis de amplitude pequenos e médios e alta de variação altimétrica (Figura 13).

O risco ao tema geomorfologia mostra a tendência à estabilidade nesse contexto. Observa-se no Quadro 19 a distribuição quantitativa destes níveis. Na Carta de Risco ao tema Geomorfologia (Apêndice G) é possível verificar a sua espacialização.

Figura 9 - Superfícies de relevo plano



Coordenadas: 7°28'07"S e 34°55'05"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

Figura 10 - Superfícies com relevo suave ondulado



Coordenadas: 7°28'57"S e 34°52'14"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

Figura 11 - Superfície de relevo forte ondulado



Coordenadas: 7°25'39"S e 34°58'51"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

Figura 12 - Superfície de interflúvio plano



Coordenadas: 7°24'24"S e 34°59'11"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

Figura 13 - Superfície de interflúvio forte ondulado



Coordenadas: 7°24'56"S e 35°04'07"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

Quadro 19 - Propensão ao risco para o tema Geomorfologia

Unidade	Propensão ao risco	Área (Km²)	Percentual (%)
U21	Estável	5,16	1,12
U19			
U17	Moderadamente Estável	144,13	31,17
U15			
U14			
U13	Medianamente Estável/Instável	313,07	67,71
U12			
U11			
Total		462,36	100,00

Fonte: elaboração do autor

Crepani et al. (2001) afirmam que estruturas geomorfológicas caracterizadas por relevo plano, suave ondulado e de interflúvio plano tendem a apresentar propensão a níveis estáveis e moderadamente estáveis, enquanto que relevos forte ondulado e de interflúvio forte ondulado tendem a propensões medianas, com equilíbrio entre a instabilidade e a estabilidade relativamente a perda de solo.

Observando a geomorfologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas com as propensões ao risco obtidas, verifica-se uma concordância com as

afirmações dos referidos autores, uma vez que em 67,71% da área dessa os riscos identificados são medianamente estável/instável e em 32,29% variam entre estáveis e moderadamente estáveis.

5.3 Pedologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas

A pedologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas se caracteriza pela predominância de solo que apresenta evolução avançada com atuação incompleta do processo de ferralitização (EMBRAPA, 2009). A distribuição quantitativa dos solos é apresentada no Quadro 20, sendo sua espacialização observada na Carta Pedológica (Apêndice H).

Quadro 20 - Composição pedológica da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas

Classe de Solo	Legenda	Área (km²)	Percentual (%)
Latossolo	L	44,93	9,72
Argissolo Vermelho Amarelo	PVA	292,07	63,17
Espodossolos	E	99,64	21,55
Organossolos	O	5,44	1,18
Gleissolos	G	20,02	4,33
Neossolos Flúvicos	RY	0,26	0,06
Total		462,36	100,00

Fonte: elaboração do autor

Observa-se no Quadro 20 que a classe de solo Argissolo Vermelho Amarelo é a predominante na região, correspondendo a 63,17% da superfície da bacia hidrográfica. Esse solo, segundo Embrapa (2009), caracteriza-se por ser constituído por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, enquadrado na subordem vermelho amarelo por apresentar cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas que não se enquadram em outras classes de argissolos.

Com uma abrangência menor, sendo o segundo mais representativo, tem-se os Espodossolos, apresentando uma participação de 21,55%, sendo caracterizado pela Embrapa (2009) como constituído por material mineral, apresentando horizonte B espódico, imediatamente abaixo de horizonte E, A ou horizonte hístico, dentro de 200cm da superfície do solo, ou de 400 cm de

profundidade, se a soma do horizonte A+E ou dos horizontes hísticos (com menos de 40 cm) + E ultrapassar 200cm de profundidade.

Os Latossolos se concentram na parte central da bacia hidrográfica, participando com 9,72% da área. Suas características, segundo à Embrapa (2009), são: constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200cm da superfície do solo ou dentro de 300cm, se o horizonte A apresenta mais que 150cm de espessura.

Os Gleissolos se concentram na porção mais sudeste da bacia correspondendo a 4,33% da área. Esse solo se caracteriza por ser constituído por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro de 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizontes A ou E, ou de horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura. Não apresenta horizonte vértico ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei, tampouco qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico. Acima do horizonte glei, ou textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm da superfície do solo ou até um contato lítico (EMBRAPA, 2009).

Os Organossolos representam uma pequena porção (1,18%) localizada a sudeste da bacia, são solos constituídos por material orgânico e saturados por água em boa parte do ano (EMBRAPA, 2009).

Os solos menos ocorrentes na bacia são os Neossolos Flúvicos, localizados na porção norte da bacia, com participação na área de 0,06%, sendo caracterizados pela Embrapa (2009) como solos pouco evoluídos constituídos por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico, enquadrado na subordem flúvicos por serem derivados de sedimentos aluviais e que apresentam caráter flúvico.

Em termos de risco os solos mais desenvolvidos são considerados os mais estáveis, como é o caso do Latossolo, e os mais instáveis são os solos mais recentes, como os Neossolos e Gleissolos, por exemplo. No Quadro 21 se observa a propensão ao risco por tipo de solo e na Carta de Risco ao tema Pedologia (Apêndice I) se observa a distribuição espacial.

Quadro 21 - Propensão ao risco para o tema pedologia

Unidade	Classe de Solo	Propensão ao risco	Área (km²)	Percentual (%)
U21	Latossolo	Estável	44,93	9,72
U11	Argissolo Vermelho Amarelo	Medianamente Estável/Instável	292,07	63,17
U1	Espodossolos	Instável	125,36	26,56
	Organossolos			
	Gleissolos			
	Neossolos Flúvicos			
Total			462,36	100.00

Fonte: Autor

Nota-se que a distribuição dos solos ocorrentes na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas, em 63,17% de sua área, confere o nível de risco medianamente estável/ instável (Argissolo Vermelho Amarelo), ou seja, existe um equilíbrio entre os processos de formação do solo e erosivos. Em 26,56% da área (Espodossolos, Organossolos, Gleissolos e Neossolos Flúvicos) os processos erosivos predominam, espacialmente referem-se às porções sudeste e noroeste, onde ocorre instabilidade à perda de solo, e apenas em 9,72% de sua superfície (Latossolo), localizados na porção central, onde os solos são mais envelhecidos e desenvolvidos, ocorre a estabilidade.

5.4 Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas

A identificação do uso e ocupação do solo se deu para duas situações, a situação atual e a potencial, onde ocorreria um planejamento para o uso racional da superfície da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas.

5.4.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas permitiu identificar 9 (nove) formas de uso e ocupação do solo, conforme se observa no Quadro 22, a espacialização ocorre na Carta de Uso e Ocupação do Solo (Apêndice J).

Quadro 22 - Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas

Uso e Ocupação do Solo	Área (km²)	Percentual (%)
Hidrografia	1,52	0,33
Vegetação de Mata Atlântica	73,48	15,89
Vegetação de Mangue	10,63	2,30
Exploração Granjeira	1,97	0,43
Exploração Agropecuária	361,47	78,18
Rodovias	2,46	0,53
Mineração	0,89	0,19
Área Industrial	0,40	0,09
Área Urbana	9,54	2,06
Total	462,36	100,00

Fonte: elaboração do autor

Os processos antrópicos são predominantes na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas, correspondendo a 81,48% do uso atual, sendo caracterizados como:

- a) Exploração Granjeira: ao longo de toda a bacia hidrográfica se verifica a presença de diversas empresas avícolas. Estas se caracterizam por delimitarem grandes áreas cuja cobertura do solo é basicamente pastagem com a construção de diversos galpões onde é realizada a criação dos animais. Ao todo foram identificadas 29 zonas descontinuas onde se percebe esse tipo de uso, exemplificado na Figura 14. Observa-se ainda que a maior concentração dessa ocupação ocorre a oeste da BR-101.
- b) Exploração Agropecuária: é o uso predominante na bacia com 78,18% da superfície. Nesse item foram consideradas as monoculturas de cana-de-açúcar, bambu, abacaxi, pecuária bovina e culturas de autoconsumo. Ao longo da bacia existe uma distribuição igualitária desses cultivos. Nas Figuras 15 e 16 observam-se alguns exemplos.

Figura 14 - Exploração granjeira na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas



Coordenadas: 7°24'56"S e 34°58'24"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

Figura 15 - Exploração agropecuária na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas: cultura de autoconsumo



Coordenadas: 7°24'13"S e 34°57'20"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

Figura 16 - Exploração agropecuária na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas: monocultura de cana-de-açúcar.



Coordenadas: 7°30'28"S e 34°51'15"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

- c) Rodovias: A bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas é segmentada no sentido norte sul pela estrada BR-101 recentemente duplicada, sendo a única de domínio federal presente. Na porção a oeste da BR-101 a malha estadual é praticamente nula, sendo o acesso realizado apenas pela PB-032 que se encontra no limite da bacia hidrográfica. O deslocamento nessa região se dá exclusivamente por estradas vicinais. A porção a leste da BR-101 apresenta uma boa malha de rodovias estaduais, em decorrência tanto da ocupação urbana como do fator de atração turístico da área litorânea, sendo essas compostas pela PB-034, PB-044 e PB-008. O uso rodovia (Figura 17) corresponde à cobertura de 0,53% da área estudada, sendo sua participação pequena, mas fundamental à logística da região.

Figura 17 - Trecho da rodovia BR-101 que intercepta a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas



Coordenadas: 7°21'21"S e 34°57'00"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

- d) Mineração: na área da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas identificou-se locais objetos de processo de lavra, principalmente de areia para fins de construção civil. Ao todo se delimitou seis áreas, sendo que cinco já apresentavam sinais de desativação. A área de mineração ainda em operação diz respeito à extração de calcário que é utilizada pela fábrica de cimentos Lafarge localizada no município de Caaporã, fora dos limites da bacia hidrográfica em análise. Uma das principais características identificadas é que nenhuma dessas jazidas apresenta sinais de que passaram por processos de recuperação ambiental. A participação percentual da mineração no uso do solo é muito pequena, correspondendo apenas a 0,19%, sendo inferior à participação das rodovias. A Figura 18 apresenta exemplo de área mineraria atualmente desativada.

Figura 18 – Jazida de extração de areia e saibro cuja exploração foi encerrada



Coordenadas: 7°28'18"S e 34°59'13"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

- e) Área Industrial: os processos industriais ocorrentes na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas se resumem à presença da agroindústria sucroalcooleira Destilaria Tabú, localizada no município de Caaporã. A participação da área industrial é a menor na distribuição dos diversos usos, contribuindo com apenas 0,09%. Na Figura 19 visualiza-se o parque industrial da Tabú com presença de silos para armazenamento de álcool combustível.

Figura 19 - Parque industrial da Destilaria Tabú



Coordenadas: 7°30'22"S e 34°52'51"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

- f) Área Urbana: o processo de urbanização da bacia hidrográfica se configura mais intensificado a leste da BR-101, onde está localizada a maioria das ocupações urbanas. A leste são observadas as sedes municipais de Alhandra e Caaporã, o distrito de Mata Redonda, pertencente ao município de Alhandra e outros pequenos distritos (Figura 20). É perceptível uma intensificação da ocupação às margens da rodovia federal em decorrência da sua duplicação e demais processos de desenvolvimento da região de entorno, principalmente a industrialização de Goiana, em Pernambuco. A oeste identificou-se no limite da bacia hidrográfica a presença da sede municipal de Itambé (Figura 21) e de um distrito do município de Pedras de Fogo. A área urbana participa com 2,06% da superfície, correspondendo a quase o dobro das participações somadas dos usos exploração granjeira, rodovias, mineração e área industrial.

Figura 20 - Área urbana de Alhandra, Paraíba



Coordenadas: 7°25'53"S e 34°54'42"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

Figura 21 - Área urbana de Itambé, Pernambuco



Coordenadas: 7°24'32"S e 35°06'19"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

Os usos naturais correspondem a apenas 18,52% da área da bacia do Abiaí-Papocas, sendo caracterizados como:

- a) Hidrografia: nesse item foram considerados os cursos d'água e os açudes existentes na bacia hidrográfica, correspondendo a 0,33% da área. Na Figura 22 observa-se parte do baixo curso do rio Abiaí observado a partir da ponte da PB-008 no sentido de montante.

Figura 22 - Rio Abiaí



Coordenadas: 7°26'06"S e 34°50'13"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

- b) Vegetação de Mata Atlântica: na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas se observou diversas formações florestais em diferentes estágios sucessórios, sendo consideradas nessa classificação a floresta ombrófila densa, as áreas de tensão ecológica e as áreas de restinga, tanto em estágios primário ou secundário de regeneração natural. Em termos de percentual esse uso é o segundo mais representativo na bacia, com 15,89%, e o mais representativo quando se analisa apenas os usos naturais. As Figuras 23 e 24 apresentam, respectivamente, exemplos de manchas florestais identificadas na bacia hidrográfica, sendo a primeira às margens da BR-101 na porção leste e a seguinte na

região a oeste dessa rodovia, vizinho a área de cultivo de cana-de-açúcar.

- c) Vegetação de Mangue: se configura também como formação do tipo Mata Atlântica, contudo devido a sua expressividade na bacia hidrográfica, foi mapeada individualmente correspondendo a 2,30% da superfície analisada. A Figura 25 apresenta exemplo dessa tipologia vegetal.

Figura 23 - Remanescente florestal caracterizado como vegetação de mata atlântica às margens da rodovia BR-101 (porção leste)



Coordenadas: 7°22'56"S e 34°57'16"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

Figura 24 - Remanescente florestal caracterizado como vegetação de mata atlântica na porção a oeste da rodovia BR-101



Coordenadas: 7°23'09"S e 34°54'29"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

Figura 25 - Vegetação de mangue da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas



Coordenadas: 7°26'13"S e 34°50'17"O. Fonte: Autor em 15/06/2012

Em termos de risco à perda do solo devido ao tema uso e ocupação do solo as áreas antropizadas são aquelas mais instáveis, sendo as naturais as mais estáveis. No Quadro 23 são apresentados a propensão ao risco por uso mapeado. Na Carta de Risco ao tema Uso e Ocupação (Apêndice K), se observa a espacialização desses usos.

Quadro 23 - Propensão ao risco para o tema uso e ocupação do solo

Unidade	Uso e ocupação do dolo	Propensão ao risco	Área (km²)	Percentual (%)
U21	Hidrografia	Estável	75,00	16,22
	Vegetação de mata atlântica			
U17	Vegetação de mangue	Moderadamente Estável	10,63	2,30
U3	Exploração granjeira	Instável	376,73	81,48
U2	Exploração agropecuária			
U1	Rodovias			
	Mineração			
	Área industrial			
	Área urbana			
Total			462,36	100,00

Fonte: elaboração do autor

Observa-se no Quadro 23 que no tocante ao uso do solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas ocorre a predominância da instabilidade à perda do solo devido a 81,48% de sua área está submetida aos processos antrópicos, o que favorece os processos de morfogênese.

5.4.2 USO POTENCIAL DA TERRA

O uso potencial da terra definido com base no coeficiente de rugosidade permitiu considerar os usos compatíveis com as características morfométricas das sub-bacias. O Quadro 24 apresenta os valores de densidade de drenagem e declividade média por sub-bacia utilizados na definição dos coeficientes de rugosidade.

Quadro 24 - Parâmetros morfométricos das sub-bacias do Abiaí-Papocas

Sub-Bacia	Área (km²)	Densidade de drenagem (km/km²)	Declividade média	Coefficiente de rugosidade
Camocim	50,39	0,8242	3,00	0,024
Pitanga	31,26	0,7071	5,52	0,039
Taperubus	56,85	0,7598	5,76	0,043
Cupissura	37,18	0,0745	8,14	0,006
Muzumba	49,22	1,0748	8,09	0,087
Aterro	93,25	0,8944	6,39	0,057
Tamanduá	7,38	1,2183	5,20	0,063
Papocas	88,30	1,2363	5,31	0,065
Abiaí	24,84	0,9164	5,46	0,050
Dois Rios	23,69	0,8062	6,47	0,052
Total	462,36			

Fonte: elaboração do autor

Observa-se que a maior sub-bacia é a do rio Aterro com uma área de 93,25km² sendo a menor sub-bacia definida a do rio Tamanduá com 7,38km², onde analisando suas densidades de drenagem, observa-se que ambas são as mais bem drenadas, devido a grande quantidade de canais por área da bacia hidrográfica. A Sub-bacia do rio Cupissura tem uma área de 37,18km² e é a mais imperfeitamente drenada por apresentar pequena quantidade de cursos d'água por área.

Em termos de declividade média das sub-bacias elas variam de 3% no caso da sub-bacia do rio Camocim até 8,14% na sub-bacia do rio Cupissura.

Os coeficientes de rugosidade apresentaram o maior valor para a sub-bacia do Rio Muzumba (0,087) e menor valor para a sub-bacia do rio Cupissura (0,006). Com base nesses resultados definiu-se quatro intervalos, observando uma variação de 0,020, enquadrando-as em classes de usos potenciais (Quadro 25) definidos por Rocha et al. (2009).

Quadro 25 – Intervalos de usos potenciais da terra

Classe	Intervalo do CR	Uso
A	0,006 – 0,026	Agricultura
B	0,027 – 0,047	Pecuária
C	0,048 – 0,068	Florestamento/Pecuária
D	0,071 – 0,089	Florestamento

Fonte: elaboração do autor

Tomando os intervalos de referência definidos no Quadro 25 determinou-se o uso potencial para cada sub-bacia conforme apresentado no Quadro 26 e espacializado na Carta de Uso Potencial da Terra (Apêndice L).

Quadro 26 - Classes e usos potenciais da terra

Classe	Sub-bacia	Uso	Área (km ²)	Percentual (%)
A	Cupissura	Agricultura	87,57	18,94
	Camocim			
B	Pitanga	Pecuária	88,11	19,06
	Taperubus			
C	Abiaí	Florestamento/Pecuária	237,46	51,35
	Dois Rios			
	Aterro			
	Tamanduá			
	Papocas			
D	Muzumba	Florestamento	49,22	10,65
Total			462,36	100,00

Fonte: elaboração do autor

Analisando os usos apresentados no Quadro 26 verifica-se que uma vez adotado os usos potenciais da terra por suas características de rugosidade, a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas favorece as práticas agrícolas, principalmente, o pecuário consorciado com florestamento. Uma pequena porção, apenas 10,65% da área, não é recomendada para nenhum tipo de atividade antrópica, ou seja, deve-se realizar a manutenção da cobertura florestal ou então sua recomposição.

A adoção do uso potencial visa planejar o espaço diminuindo o risco à erosão, sem, contudo, levar em consideração os outros fatores naturais. Aplicando a metodologia de Crepani et al. (2001) definiu-se o risco à perda do solo pressupondo a adoção desse uso potencial na bacia hidrográfica. A propensão ao risco é apresentada no Quadro 27 e a espacialização pode ser observada na Carta de Risco ao Uso Potencial da Terra (Apêndice M).

Quadro 27 - Propensão ao risco para o tema uso potencial da terra

Unidade	Uso	Propensão ao risco	Área (km²)	Percentual (%)
U2	Agricultura	Instável	175,68	38,00
U3	Pecuária			
U17	Florestamento/Pecuária (Savana Florestada)	Moderadamente Estável	237,46	51,35
U21	Florestamento (Vegetação de Mata Atlântica)	Estável	49,22	10,65
Total			462,36	100,00

Fonte: elaboração do autor

Caso fosse adotado o uso potencial na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas predominaria a estabilidade moderada, onde ocorreriam atividades de pecuária consorciada com florestamento, podendo ser desenvolvidas em 51,35% de sua área. A estabilidade se configuraria em 10,65% de sua superfície, onde apenas existiriam práticas de conservação ambiental, com preservação ou recuperação florestal. As áreas instáveis se apresentariam em 38% da área da bacia hidrográfica, onde poderiam desenvolver atividades agropecuárias e manutenção das atuais práticas agrícolas.

5.5 Climatologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas

A climatologia da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas, segundo Varejão-Silva (1984) compreende duas classificações climáticas de Köppen:

- a) Asi: clima tropical úmido apresentando verão seco, sendo a variação da temperatura média mensal do ar ao longo do ano praticamente desprezível;
- b) Aw'i: clima tropical úmido com estação seca transladada do inverno para o outono e características térmicas iguais a da Asi.

Para fins de análise do risco se utiliza como elemento de referência as faixas de intensidade pluviométrica mensal. O Quadro 28 apresenta as intensidades pluviométricas identificadas. Na carta Climatológica, (Apêndice N), se observa a espacialização das classes de intensidade pluviométrica bem como das classificações climáticas.

Quadro 28 - Intensidade pluviométrica

Intensidade pluviométrica (mm/mês)	Área (km²)	Percentual (%)
200	21,62	4,67
233	166,66	36,05
267	274,08	59,28
Total	462,36	100,00

Fonte: elaboração do autor

Verifica-se que a intensidade pluviométrica varia entre 200 a 267 mm/mês, essa diminuição de intensidade se dá no sentido leste-oeste da bacia hidrográfica, ocorrendo uma intensidade de 200mm/mês no alto curso, 233 mm/mês no médio curso e 267 mm/mês no baixo curso. O Quadro 29 apresenta a propensão ao risco relativo a essa temática. Na Carta de Risco ao tema Climatologia (Apêndice O) observa-se sua espacialização.

Quadro 29 - Propensão ao risco para o tema climatologia

Unidade	Intensidade pluviométrica (mm/mês)	Propensão ao risco	Área (km²)	Percentual (%)
U14	200	Moderadamente Estável	21,62	4,67
U13	233	Medianamente Estável/Instável	440,74	95,33
U12	267			
Total			462,36	100.00

Fonte: elaboração do autor

Com base no Quadro 29 verifica-se que a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas em relação à intensidade pluviométrica apresenta em 95,33% de sua área nível mediano de risco, ocorrendo o equilíbrio entre a estabilidade e a instabilidade, logo entre a morfogênese e a pedogênese. Apenas em 4,67% de sua área, onde ocorrem as menores intensidade pluviométricas, 200mm/mês, a morfogênese prevalece, gerando níveis moderados de estabilidade.

5.6 Risco á perda de solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas

5.6.1 – RISCO Á PERDA DE SOLO DO CENÁRIO ATUAL

A bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas apresenta em seu cenário atual propensão ao risco que vai desde moderadamente estável a moderadamente instável. O Quadro 30 apresenta a distribuição em área e percentual dos

diversos riscos identificados. A Carta de Risco à Perda de Solo: Cenário Atual (Apêndice P) apresenta a espacialização dessas manchas.

Quadro 30 - Propensão ao risco do cenário atual

Unidade	Propensão ao risco	Área (km ²)	Percentual (%)
U17	Moderadamente estável	11,52	2,49
U16			
U15			
U14			
U13	Medianamente estável/instável	178,81	38,67
U12			
U11			
U10			
U9	Moderadamente instável	272,03	58,84
U8			
U7			
U6			
U5	Total	462,36	100,00

Fonte: elaboração do autor

Com base no Quadro 30 observa-se que em 58,84% da área bacia hidrográfica predominam níveis moderados de instabilidade, em 38,67% níveis medianos onde há o equilíbrio entre estabilidade e instabilidade e em apenas 2,49% moderada estabilidade, sendo esses níveis bem distribuídos ao longo de toda a bacia hidrográfica, o que indica a predominância de processos morfogenéticos.

Esse contexto permite considerar que a bacia hidrográfica tem tendência a níveis medianos de perda de solo com boa atividade erosiva que pode ser intensificada pelos processos antrópicos.

5.6.2 RISCO À PERDA DE SOLO DO CENÁRIO POTENCIAL

O cenário potencial busca o planejamento do espaço de tal forma que sejam minimizados as propensões à perda do solo por processos erosivos. Como no caso do cenário atual, o cenário potencial apresentou propensão ao risco que vão desde moderadamente estável até moderadamente instável. O Quadro 31 apresenta a distribuição em área e percentual dos riscos identificados. A Carta de risco à Perda de Solo: Cenário Potencial (Apêndice Q) apresenta a espacialização dessas manchas.

Quadro 31 - Propensão ao risco do cenário potencial

Unidade	Propensão ao risco	Área (km²)	Percentual (%)
U16	Moderadamente estável	4,81	1,04
U15			
U14			
U13	Medianamente estável/instável	352,82	76,30
U12			
U11			
U10			
U9	Moderadamente instável	104,73	22,66
U8			
U7			
U6			
U5			
Total		462.36	100.00

Fonte: Autor

Observa-se que no cenário potencial em 76,30% de sua área ocorre a predominância de níveis medianos de riscos onde a estabilidade está em equilíbrio com a instabilidade. Mesmo ocorrendo um planejamento do espaço ainda ocorreriam níveis moderados de instabilidade, abrangendo 22,66% da superfície, além de conferir uma estabilidade à perda do solo em apenas 1,04%.

5.7 Análise dos cenários de risco

A análise espacial dos cenários atual e potencial no tocante ao aspecto risco permitiu identificar qual das opções compatibiliza melhor a necessidade de conservação do solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas.

O quadro 32 apresenta a quantificação pautada na diferença de propensão ao risco identificadas na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas. A Carta de Risco à Perda de Solo: Diferença Cenário Atual x Cenário Potencial (Apêndice R), espacializa esses eventos.

Quadro 32 - Diferença dos riscos: cenário atual x cenário potencial por sub-bacia e para a bacia hidrográfica Abiaí-Papocas

Sub-bacia	Situação					
	Cenário atual causa perdas maiores de solo			Cenário atual causa perdas menores de solo		
	Área (km²)	Percentual em relação à bacia Abiaí-Papocas (%)	Percentual em relação à sub-bacia (%)	Área (km²)	Percentual em relação à bacia Abiaí-Papocas (%)	Percentual em relação à sub-bacia(%)
Abiaí	15,86	3,43	63,85	8,98	1,94	36,15
Aterro	78,22	16,92	83,88	15,03	3,25	16,12
Camocim	1,68	0,36	3,33	48,71	10,54	96,67
Cupissura	0,11	0,02	0,30	37,07	8,02	99,70
Dois Rios	21,5	4,65	90,76	2,19	0,47	9,24
Muzumba	45,8	9,91	93,05	3,42	0,74	6,95
Papocas	68,2	14,75	77,24	20,1	4,35	22,76
Pitanga	28,68	6,20	91,75	2,58	0,56	8,25
Tamanduá	6,49	1,40	87,94	0,89	0,19	12,06
Taperubus	44,35	9,59	78,01	12,5	2,70	21,99
Total	310,89	67,24		151,47	32,76	

Fonte: elaboração do autor

Observa-se no Quadro 32 que o cenário atual em 67,24% da área da bacia hidrográfica torna o ambiente mais instável e logo propenso a maiores perdas de solo por processos erosivos que o cenário potencial. É perceptível que a sub-bacia do rio Muzumba, em comparação percentual com as demais é aquela cujo cenário atual causa as maiores perdas de solo. Em situação inversa verifica-se a do Cupissura, onde 0,30% de sua área, a situação vigente gera maiores níveis de perda de solo.

Nota-se também que das 10 sub-bacias, em 7 delas o percentual cujo cenário causa maiores perdas de solo é maior que o valor identificado para a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas.

Esses valores despertam a necessidade de repensar os usos atualmente desenvolvidos com o objetivo de se evitar maiores propensões à instabilidade para a região, logo maior predominância dos processos de morfogênese.

Em 32,76% da área estudada a manutenção do cenário atual levaria a níveis mais estáveis. As sub-bacias do Camocim e Cupissura merecem destaque, pois o planejamento do espaço proposto não se adequaria o que ocasionaria maiores perdas de solo.

As áreas onde o cenário atual gera menores níveis de perda de solo se caracterizam pela ocorrência da cobertura florestal nativa e algumas práticas agrícolas menos impactantes do que as propostas pela metodologia de Sicco-Smit apud Rocha J. et al. (2009) para o planejamento do uso da terra, logo devendo ser realizada a manutenção dos usos atuais.

Sabendo-se que os elementos variáveis nos cenários são o uso e ocupação do solo, a ação antrópica é a principal responsável pelo aumento ou diminuição da propensão ao risco encontrados para a bacia hidrográfica.

Esses resultados mostram que apesar de toda a atividade antrópica desenvolvida na região não foram ainda alcançados os níveis máximos de instabilidade, com existência apenas dos processos de morfogênese, o que fisicamente não ocorre, tendo em vista que não há como cessar os processos de pedogênese.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do risco à perda do solo para duas situações, a primeira considerando seu uso atual e a segunda considerando um uso potencial, permitiu um melhor conhecimento de suas características ambientais.

Quando considerados apenas os temas físicos, ou seja, geologia, geomorfologia, pedologia e climatologia, conferiram à bacia hidrográfica características entre moderadamente instáveis à moderadamente estáveis, ou seja, equilíbrio entre a morfogênese e a pedogênese.

Em alguns casos específicos observaram-se regiões com classificação de instabilidade em uma dessas temáticas, é o caso das formações geológicas Barreiras, Gramame e Depósitos Aluvionares, e os solos espodossolos, organossolos, gleissolos e neossolos flúvicos, mas que não são predominantes na região em análise.

Quanto ao uso atual, a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas se encontra bastante antropizada, com práticas agrícolas intensivas. O processo de urbanização na área é intenso, favorecido pelo desenvolvimento industrial de áreas circunvizinhas. A utilização industrial é escassa, resumida a presença da Agroindustrial Tabú, o que leva a considerar que parte da produção canavieira da região deve ser encaminhada para indústrias localizadas em outras bacias hidrográficas. As demais ocupações são praticamente desprezíveis quando comparados à exploração agropecuária.

Quanto ao uso potencial verificou-se que as características de rugosidade conferem a ela um uso pecuário/florestamento diferente do identificado atualmente na bacia.

A análise dos cenários atual e potencial considerando os cinco temas estudados não apresentou resultados negativos. Não foram identificados em nenhum dos casos propensão à instabilidade para a bacia hidrográfica, sendo os níveis máximos moderadamente instáveis. No cenário atual 58,84% de sua área se encontra nessa situação, já no potencial apenas 22,66%, ocorrendo uma redução de 36,18%. Este percentual passa então a compor áreas cujas propensões ao risco são medianos com equilíbrio entre a estabilidade e a instabilidade, aumentando a participação que no cenário atual é de 38,67% para 76,30%. É interessante se observar que o uso potencial diminui o

percentual de área com níveis moderadamente estáveis, passando de 2,49% no cenário atual para apenas 1,04% no cenário potencial.

A comparação dos cenários atual com o potencial concluiu que a forma atual de ocupação do solo gera maiores propensões ao risco, no entanto este resultado só é válido para 67,24% da bacia hidrográfica, ou seja, dois terços dela. Nos 32,76% restantes o atual uso se configura como mais viável à diminuição da probabilidade à perda natural do solo.

Entre as 10 sub-bacias componentes da bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas, em 7 delas o percentual cujo cenário causa maiores perdas de solo, é maior que o valor identificado para a bacia hidrográfica como um todo.

Esses resultados indicam que o processo de um futuro planejamento pautado em um zoneamento dessa bacia hidrográfica deve considerar não só seu uso potencial, mas também seu uso atual, de tal maneira a se alcançar os menores índices de risco à perda do solo.

Sabe-se que é impossível manter uma bacia hidrográfica, onde ocorram usos antrópicos, níveis de estabilidade a perda do solo, mas é necessário ter como meta alcançar níveis medianos de estabilidade e instabilidade.

Somente um estudo como este não é suficiente para o planejamento da ocupação de um espaço com a importância da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas. Evidentemente se fazem necessários estudos complementares, principalmente os referentes àqueles que caracterizem os principais poluentes gerados pelas diversas atividades e cargas poluidoras associadas, de forma a ter um melhor controle sobre a qualidade da água. Além de estudos que caracterizem as vazões dos cursos d'água principais, permitindo a construção de hidrogramas, que possibilitem separar os escoamentos superficiais e básicos, o que também constitui tarefa de importância uma vez que não se dispõe de nenhuma estação hidrométrica na bacia hidrográfica, apesar de sua importância.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO JR., A. CAMPOS, S. BARROS, Z. X. CARDOSO, L. G. **Diagnóstico físico conservacionista de 10 microbacias do rio Capivara – Botucatu (SP), visando o uso racional do solo.** Irriga. Nº 2. 2002. Pg 106 – 121.
- ARBOLEDA, O. D. C. **Medición de la gestión del riesgo en América Latina.** Sustentabilidad, tecnologia y humanism. Nº 3. 2008. Pg 1-20.
- BARACUHY, J. G. V. KURTZ, S. M. J. M. KURTZ, F. C. DUARTE, S. M. A. LIMA, V. L. A. ROCHA, J. S. M. DANTAS NETO, J. **Deterioração físico-conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Nº 1. 2003. Pg.159-164.
- BESKOW, S. MELLO, C. R. NORTON, L. D. CURI, N. VIOLA, M. R. AVANZI, J. C. **Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling.** Catena. Nº 79. 2009. Pg 49–59.
- Brasil. Lei Nº 9433, de 08 de janeiro de 1997: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União:** Brasília, 09 jan., 1997.
- CREPANI, E. Medeiros, J. S. HERNANDES FILHO, P. FLORENZANO, T. G. DUARTE, V. BARBOSA. C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial.** São José dos Campos: MCT/INPE, 2001. 124 pg.
- D'AGOSTINI, L. R. **Erosão: o problema mais que o processo.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. 131 pg.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos.** 2ª Edição. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 367pg.
- GOMES, A. R. **Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semi-árida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento – área piloto de Parnamirim (PE).** Dissertação de Mestrado. São José dos Campos: INPE. 2005.
- GUERRA, A. J. T. SILVA, A. S. BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos:** Conceitos, Temas e Aplicações. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 340 pg.
- IBGE CIDADES: **banco de dados.** Disponível em : <http://www.ibge.gov.br/Cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 15/01/2013

KHEIR, R. B. ABDALLAH, C. KHAWLIE, M. **Assessing soil erosion in Mediterranean karst land scapes of Lebanon using remote sensing and GIS**. Engineering Geology. Nº 99. 2008. Pg 239–254.

MASCARENHAS, J. C. et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Salgadinho, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 11 pg

MESQUITA, C. ASSIS, A. Q. S. SOUZA, R. M. **Vulnerabilidade natural à perda e solos da Bacia Hidrográfica do Rio Sagrado – Morretes/PR**. Revista de Geografia – UFPE. V. especial VIII SINAGEO, Nº 2. 2010.

METZER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?**. Biota Neotrópica. V 1, Nº 1. 2001.

MOTA, L. H. S. O. VALLADARES, G. S. **Vulnerabilidade à degradação dos solos da Bacia do Acaraú, Ceará**. Revista Ciência Agronômica. V 42, Nº 1. 2011. Pg. 39-50.

PARAÍBA. **Sistema Adutor Abiaí-Papocas: Relatório Técnico Preliminar – Relatório Final**. João Pessoa: Scientec, 2000. 127 pg.

PASSOS, M. M. **Biogeografia e Paisagem**. Maringá: FCT-UNESP, 1988. 278 pg.

PEDROSA, E. C. T. **Análise de vulnerabilidade ambiental de bacias periurbanas e a proteção de reservatórios utilizados em sistemas públicos de abastecimento de água: estudo de caso da bacia do Rio Gramame/PB**. Dissertação de Mestrado. João Pessoa: UFPB/PPGEUA. 2008

PISSARRA, T. C. T. POLITANO, W. FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). R. Brasileira de Ciências do Solo. Nº 28. 2004. Pg. 297-305.

RAHMAN, Md. R. Shi, Z.H. Chongfa, C. **Soil erosion hazard evaluation – An integrated use of remote sensing, GIS and statistical approaches with biophysical parameters towards management strategies**. Ecological Modelling. Nº 220. 2009. Pg 1724-1734.

REYNARD, E. **Géomorphosites et paysages**. Géomorphologie: relief, processus, environnement., Nº 3. 2005. Pg 181-188.

RIBEIRO, F. L. Campos, S. **Vulnerabilidade à erosão do solo da Região do Alto Rio Pardo, Pardinho, SP**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V 11, Nº 6. 2007. Pg 628–636.

ROCHA. C. H. B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. 2ª Edição. Juiz de Fora. Ed. do Autor. 2002. 220pg.

ROCHA, J. S. M., Kurtz, M. J. M., Carpes, C. M. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. 4ª Edição. Santa Maria: Edições UFSM CCR/UFSM. 2009. 283pg.

ROCHA, J. S. M. **Manual de Projetos Ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997. 423 pg.

ROSA, D. L. MORENO, J. A. MAYOL, F. BONSON, T. **Assessment of soil erosion vulnerability in western Europe and potential impact on crop productivity due to loss of soil depth using the ImpelERO model**. Agriculture, Ecosystems and Environment. Nº 81. 2000. Pg 179–190.

SANTOS, E. J. **Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba**. Recife: CPRM, 2002. 142pg.

SANTOS, C. A.. SOBREIRA, F. G.. **Análise da fragilidade e vulnerabilidade natural dos terrenos aos processos erosivos como base para o ordenamento territorial: o caso das Bacias do córrego Carioca, córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do alto rio das Velhas-MG**. Revista Brasileira de Geomorfologia. Ano 9, Nº 1. 2008.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço. Técnica e Tempo. Razão e Emoção**. 2º Edição. São Paulo: Hucitec. 1997.

SILVA, J. S. V. SANTOS, R. F. **Zoneamento para Planejamento Ambiental: Vantagens e restrições de métodos e técnicas**. Cadernos de Ciência & Tecnologia. V. 21, Nº 2. 2004. Pg 221-263.

SILVA, L. LIMA, E. R. V. ALMEIDA, H. A. COSTA FILHO, J. F. **Caracterização geomorfométrica e mapeamento dos conflitos de uso na bacia de drenagem do Açude Soledade**. Revista Brasileira de Geografia Física. Nº 3. 2010. Pg. 112-122.

SUERTEGARAY, A. M. D. **Espaço geográfico uno e múltiplo**. Scripta Nova. Nº 93, 2001.

SILVA-VAREJÃO, M.A, et al. **Atlas Climatológico da Paraíba**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. Núcleo de Meteorologia Aplicada, 1984.

UNISDR. **Terminología sobre reducción del riesgo de desastre**. Genebra: ONU. 2009.

WANG, X. D. ZHONG, X. H. LIU, S. Z. LIU, J. G. WANG, Z. Y. Li, M .H. **Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method**. Journal of Arid Environments. Nº 72. 2008. Pg 1929–1939.

WISNER, B. BLAIKIE, P. CANNON, T. DAVIS. I. **At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters**. 2º Edição. 2003

APÊNDICE A - Carta Geológica

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta Geológica

Escala 1:100.000

01.0002.0004.000

Metros

Universal Transverse Mercator

Datum: SIRGAS 2000

Zona: 25 Sul

Fone: Carta Geológica da Paraíba - SERHMACT e Carta Geológica - CPRM

Mestrando: Ivanhoê Soares Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de França Albuquerque

The map displays the geological composition of the Rio Abiaí-Papocas basin. The units are color-coded and labeled as follows: ENb (Grupo Barreiras, yellow), Kbi (Formação Beberibe, green), Qa (Depósitos Aluvionares, pink), Kg (Formação Gramame, blue), NYi (Corpo Granitóides Indiscriminados, purple), PPs (Complexo Salgadinho, orange), and MPve (Complexo Vertente, light blue). The map is overlaid with a grid showing coordinates from 270.000 to 305.000 Easting and 9.170.000 to 9.190.000 Northing. A north arrow and a scale bar (0 to 4,000 meters) are located in the top left corner.

Legenda

Bacia Abiaí-Papocas

ENb

Grupo Barreiras

Kbi

Formação Beberibe

Qa

Depósitos Aluvionares

Kg

Formação Gramame

NYi

Corpo Granitóides Indiscriminados

PPs

Complexo Salgadinho

MPve

Complexo Vertente

APÊNDICE B - Carta de Risco ao tema Geologia

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta de Risco ao tema Geologia

Escala 1:100.000

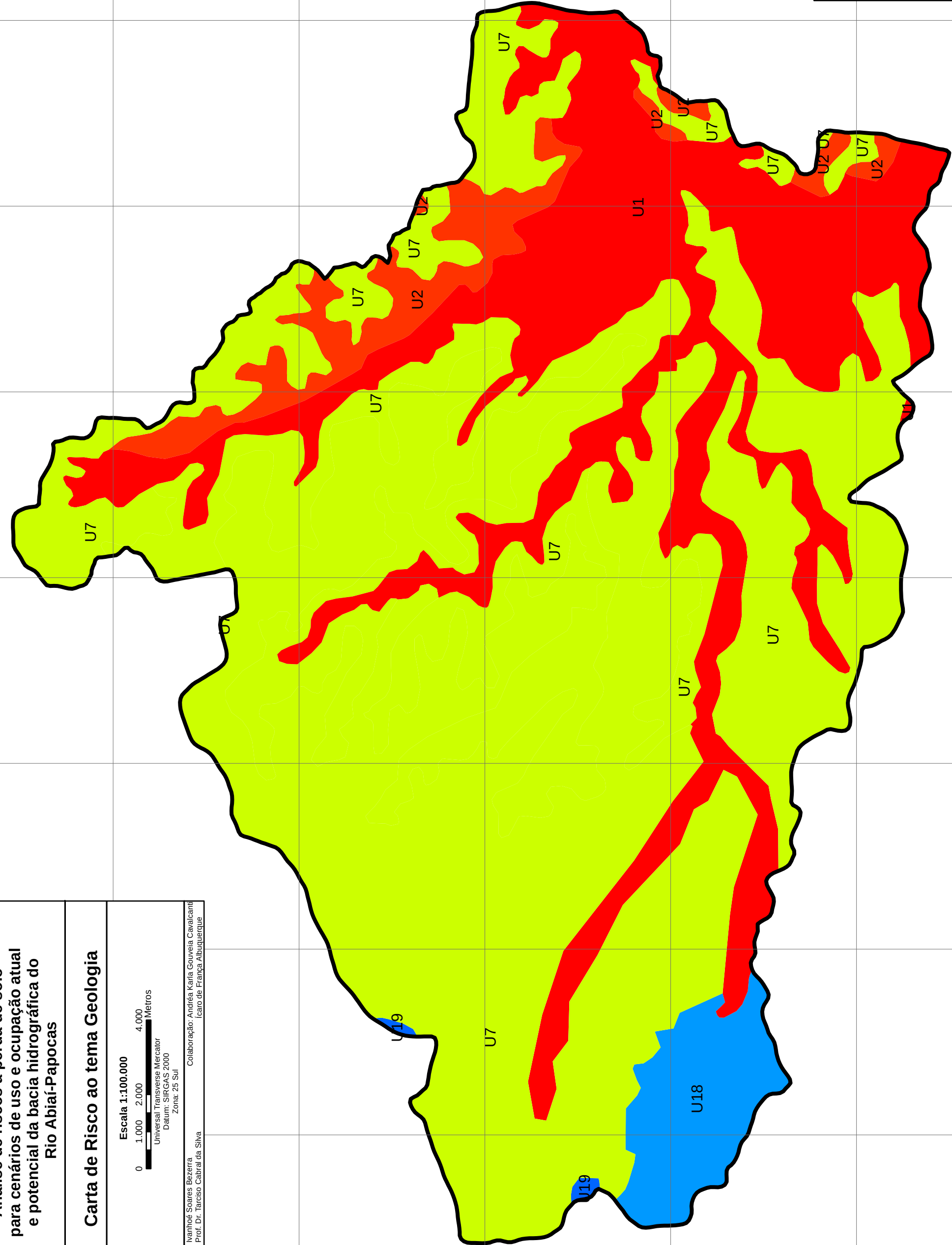
01.0002.0004.000

Metros

Universal Transverse Mercator
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 25 Sul

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra
Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de França Albuquerque



Bacia Abiaí-Papocas

Unidades de Paisagem

U1

U2

U7

U18

U19

Estabilidade

Instabilidade

APÊNDICE C - Carta de Intensidade de Dissecação do relevo

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta de Intensidade de
Dissecação do Relevo

Escala 1:100.000

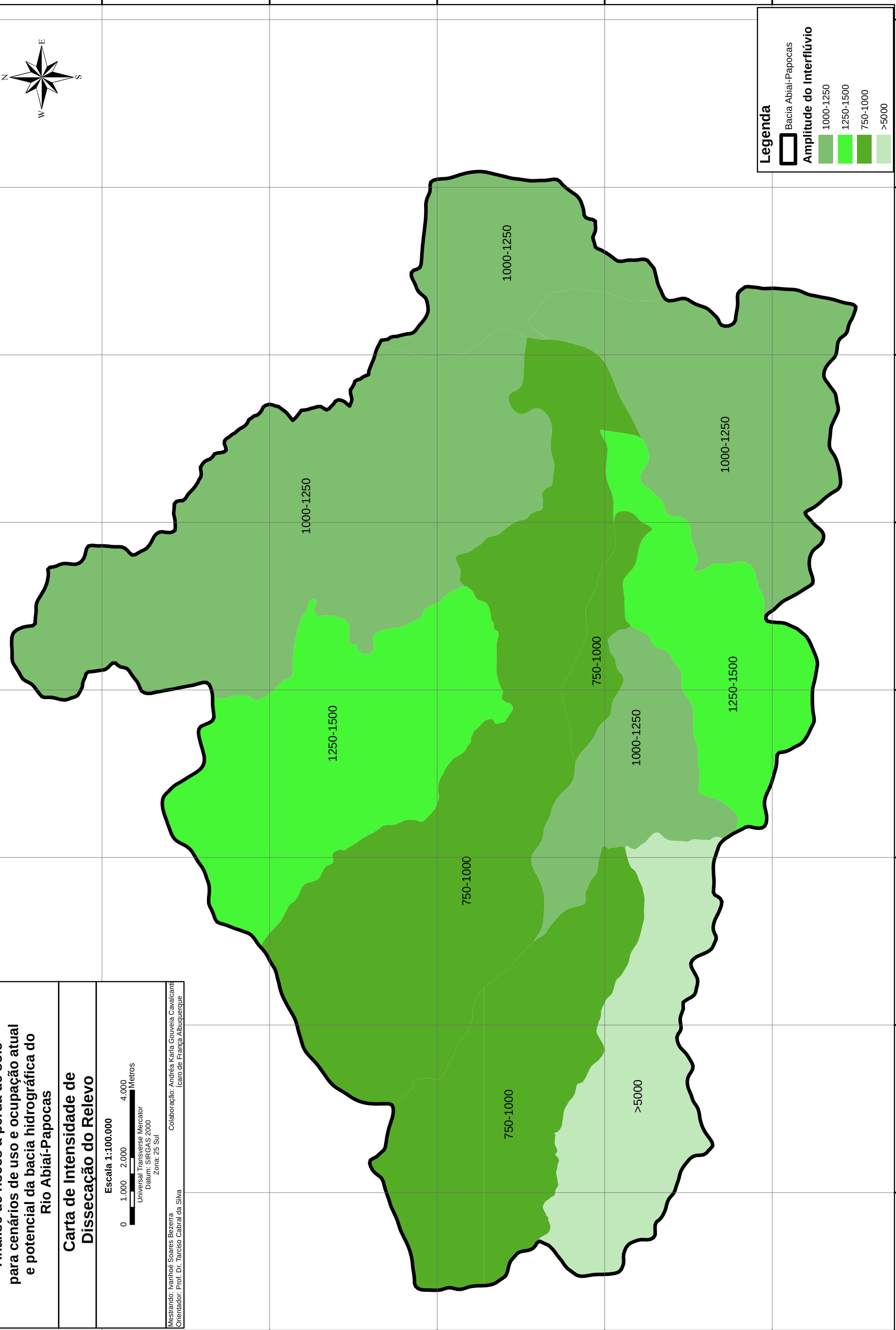
01.0002.0004.000

Metros

Universal Transverse Mercator
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 25 Sul

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra
Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de França Albuquerque



Legenda

Bacia Abiaí-Papocas

Amplitude do Interflúvio

1000-1250

1250-1500

750-1000

>5000

APÊNDICE D- Carta de Amplitude Altimétrica

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta de Amplitude Altimétrica

Escala 1:100.000

01.0002.0004.000

Metros

Universal Transverse Mercator
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 25 Sul

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra
Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de França Albuquerque

Bacia Abiaí-Papocas

Amplitude_Altimétrica

< 20m
20 - 29,5m
29,5 - 39m
39 - 48,5m
48,5 - 58m
58 - 67,5m
67,5 - 77m
77 - 84,5m
84,5 - 94m
94 - 103,5m
103,5 - 113m
113 - 122,5m
122,5 - 132m
132 - 141,5m
141,5 - 151m
151 - 160,5
160,5 - 170m

APÊNDICE E - Carta de Declividade

**Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas**

Carta de Declividade

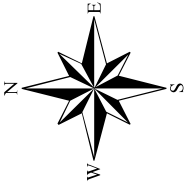
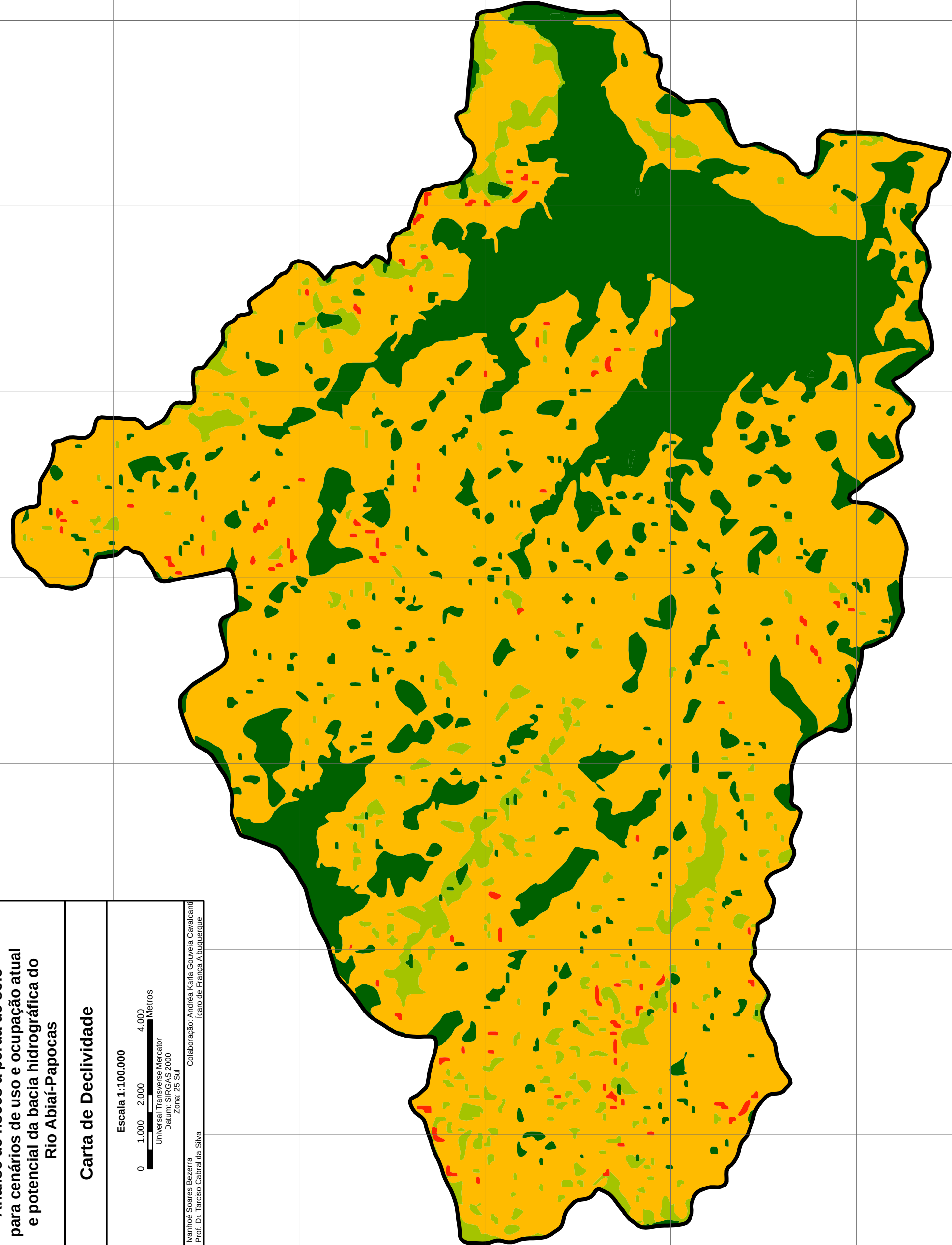
Escala 1:100.000

0 1.000 2.000 4.000 Metros

Universal Transverse Mercator
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 25 Sul

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra
Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de França Albuquerque



Legenda

Bacia Abiaí-Papocas

Declividade

< 2%

2 a 6%

6 a 20%

20 a 50%

APÊNDICE F - Carta Geomorfológica

**Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas**

Carta Geomorfológica

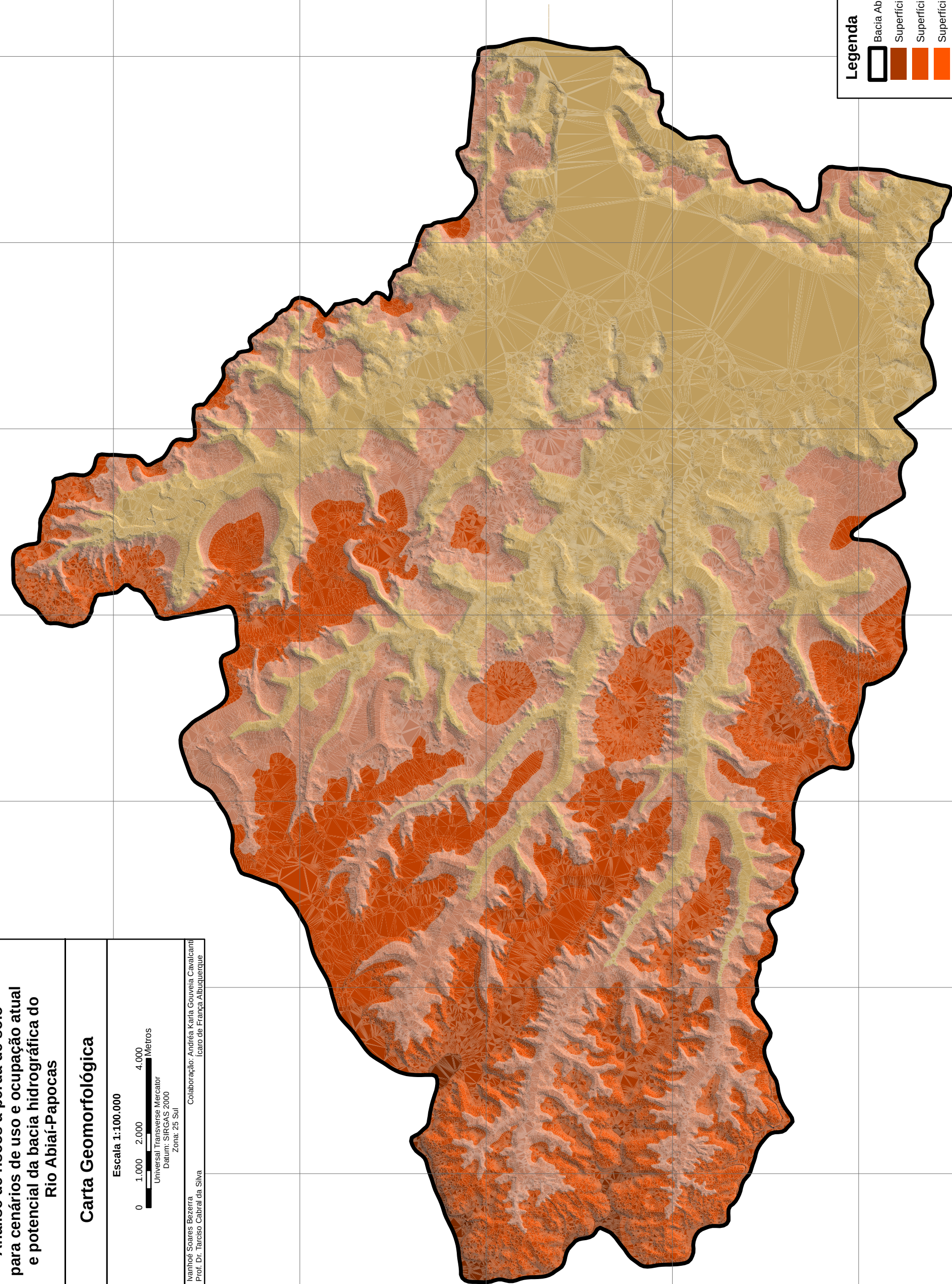
Escala 1:100.000

0 1.000 2.000 4.000 Metros

Universal Transverse Mercator
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 25 Sul

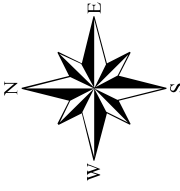
Mestrando: Ivanhoê Soares Bezerra
Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de França Albuquerque



Legenda

- Bacia Abiaí-Papocas
- Superfícies de interflúvio forte ondulado
- Superfícies de interflúvio plano
- Superfícies com relevo forte ondulado
- Superfícies com relevo suave ondulado
- Superfícies de relevo plano



APÊNDICE G - Carta de Risco ao tema Geomorfologia

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta de Risco ao
tema Geomorfologia

01.0002.0004.000

Metros

Universal Transverse Mercator

Datum: SIRGAS 2000

Zona: 25 Sul

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti

Ícaro de França Albuquerque

Legenda

Bacia Abiaí-Papocas

Unidades de Paisagem

U11

U12

U13

U14

U15

U17

U19

U21

Estabilidade

Instabilidade

APÊNDICE H - Carta Pedológica

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta Pedológica

Escala 1:100.000

01.0002.0004.000

Metros

Universal Transverse Mercator

Datum: SIRGAS 2000

Zona: 25 Sul

Fonte: Carta Pedológica da Paraíba - SERHMACT e Carta Pedológica da Embrapa

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti

Ícaro de França Albuquerque

Bacia Abiaí-Papocas

Classes de Solo

PVA

Argissolo Vermelho Amarelo

E

Espodosolos

G

Gleissolos

L

Latossolos

RY

Nossolos Flúvicos

O

Organossolos

APÊNDICE I - Carta de Risco ao tema Pedologia

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta de Risco ao tema Pedologia

Escala 1:100.000

01.0002.0004.000

Metros

Universal Transverse Mercator
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 25 Sul

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra
Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de França Albuquerque

The map displays the Abiaí-Papocas basin, showing land use and occupation scenarios and potential. The map is color-coded by risk level: red for U1 (Instabilidade), green for U11 (Estabilidade), and blue for U21 (Estabilidade). The map includes a coordinate grid, a north arrow, and a scale bar.

Legenda

- Bacia Abiaí-Papocas
- Unidades de Paisagem
 - U1
 - U11
 - U21
- Estabilidade
- Instabilidade

APÊNDICE J - Carta de Uso e Ocupação do Solo

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta de Uso e Ocupação do Solo

Escala 1:100.000

01.0002.0004.000

Metros

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra
Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de Franca Albuquerque

Datum: SIRGAS 2000
Zona: 25 Sul

Legenda

Bacia Abiaí-Papocas

Exploração Agropecuária

Área Industrial

Área Urbana

Exploração Granjeira

Hidrografia

Mineração

Rodovia Estadual

Rodovia Federal (BR-101)

Vegetação de Mata Atlântica

Vegetação de Mangue

APÊNDICE K - Carta de Risco ao tema Uso e Ocupação do Solo

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta de Risco ao
tema Uso e Ocupação do Solo

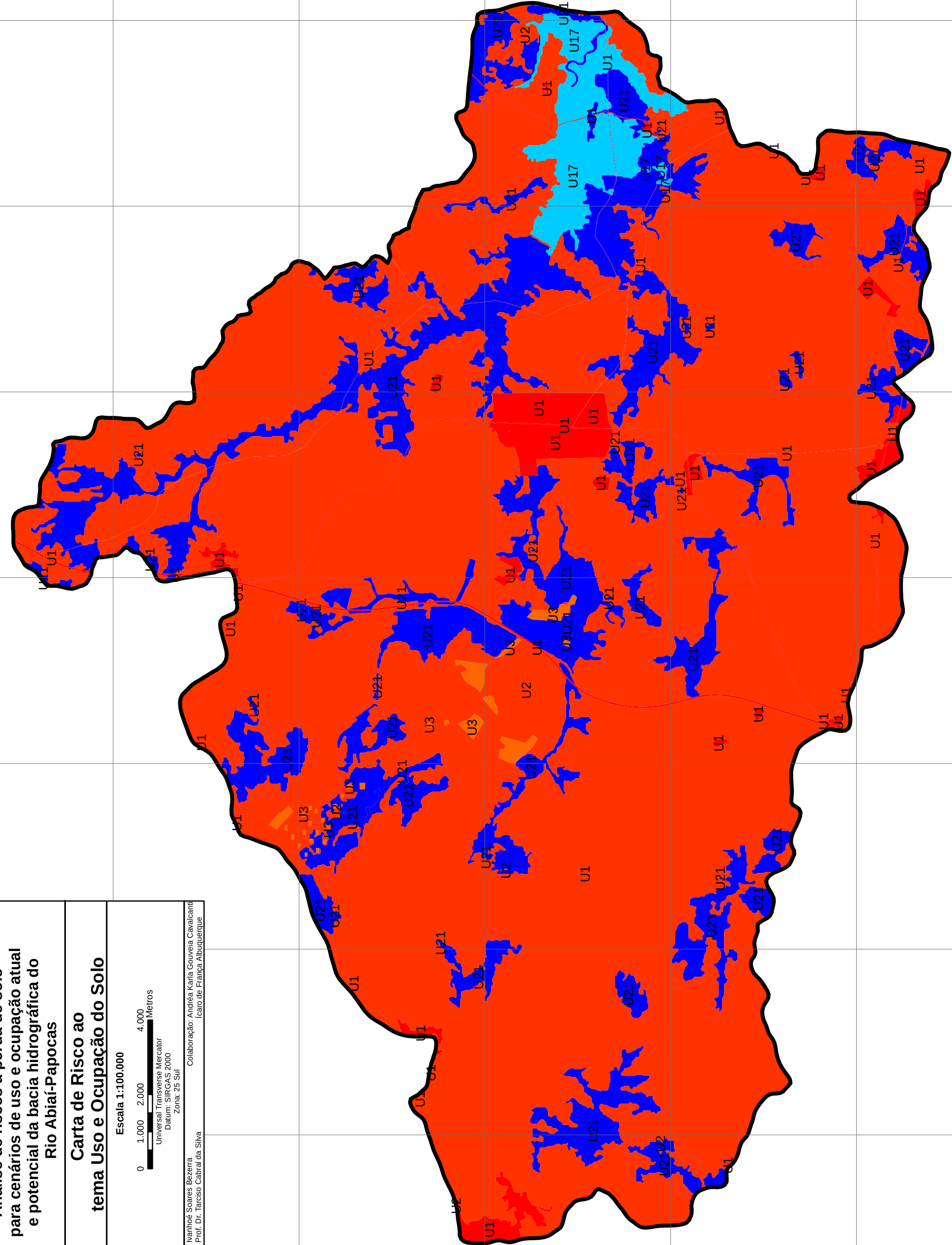
Escala 1:100.000

01.0002.0004.000

Metros

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra
Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de França Albuquerque



Bacia Abiaí-Papocas

Unidades de Paisagem

U1

U2

U3

U17

U21

Estabilidade

Instabilidade

APÊNDICE L - Carta de Uso Potencial da Terra

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta de Uso Potencial da Terra

Escala 1:100.000

01.0002.0004.000

Metros

Universal Transverse Mercator

Datum: SIRGAS 2000

Zona: 25 Sul

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti

Ícaro de Franca Albuquerque

Legenda

Bacia Abiaí-Papocas

Rodovia Federal (BR-101)

Rodovia Estadual

Hidrografia

Classes de Uso

A Agricultura

B Pecuária

C Florestamento/Pecuária

D Florestamento

APÊNDICE M - Carta de Risco ao Uso Potencial da Terra

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta de Risco ao
tema Uso Potencial da Terra

01.0002.0004.000

01.0002.0004.000

Metros

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra
Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de França Albuquerque

The map displays the Abiaí-Papocas watershed, divided into five units (U2, U3, U17, U21, and U17) based on land use potential and risk analysis. The units are color-coded: U2 (red), U3 (orange), U17 (green), U21 (blue), and U17 (green). The map includes a coordinate grid, a north arrow, and a scale bar.

Unidade	Cor	Estabilidade	Instabilidade
U2	Red	High	Low
U3	Orange	Medium	Medium
U17	Green	Low	High
U21	Blue	Very Low	Very High

Bacia Abiaí-Papocas

Unidades de Paisagem

U2

U3

U17

U21

Estabilidade

Instabilidade

APÊNDICE N - Carta Climatológica

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta Climatológica

01.0002.0004.000

Metros

Universal Transverse Mercator
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 25 Sul

Fonte: Atlas Climatológico do Estado da Paraíba

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de França Albuquerque

This climatological map displays the spatial distribution of climate types and precipitation intensity within the Abiaí-Papocas basin. The map is overlaid with a grid of UTM coordinates (X: 270,000 to 305,000; Y: 9,170,000 to 9,190,000). The Köppen climate classification is indicated by background shading and dashed lines: **Aw'i** (tropical savanna) in the western and southern portions, and **Asi** (tropical semi-arid) in the eastern portion. Monthly precipitation intensity is represented by a color gradient from light blue (200 mm/month) to dark blue (267 mm/month). A dashed line separates the two climate zones, and a solid line outlines the basin boundary. A legend in the top right corner defines the symbols and color scale. A scale bar and north arrow are located in the bottom left corner.

Bacia Abiaí-Papocas

Classificação Climática de Köppen

Asi

Aw'i

Intensidade Pluviométrica

200 mm/mês

233 mm/mês

267 mm/mês

APÊNDICE O - Carta de Risco ao tema Climatologia

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Carta de Risco ao
tema Climatologia

01.0002.0004.000

01.0002.0004.000

Universal Transverse Mercator

Datum: SIRGAS 2000

Zona: 25 Sul

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti

Ícaro de França Albuquerque

Bacia Abiaí-Papocas

Unidades de Paisagem

U12

U13

U14

Estabilidade

Instabilidade

APÊNDICE P - Carta de Risco à Perda de Solo: Cenário Atual

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Risco à Perda de Solo
Cenário Atual

Escala 1:100.000

01.0002.0004.000

Metros

Universal Transverse Mercator
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 25 Sul

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra
Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de França Albuquerque

The map displays the Abiaí-Papocas watershed, outlined in black. The area is filled with a color-coded risk assessment for soil loss. The colors range from yellow (U5) to blue (U17), with yellow representing higher risk (U5) and blue representing lower risk (U17). The map is overlaid with a grid of coordinates. A north arrow is located in the top left corner, and a scale bar is positioned below the title block.

Legenda

Bacia Abiaí-Papocas

Unidades de Paisagem

U5

U6

U7

U8

U9

U10

U11

U12

U13

U14

U15

U16

U17

Estabilidade

Instabilidade

APÊNDICE Q - Carta de Risco à Perda de Solo: Cenário Potencial

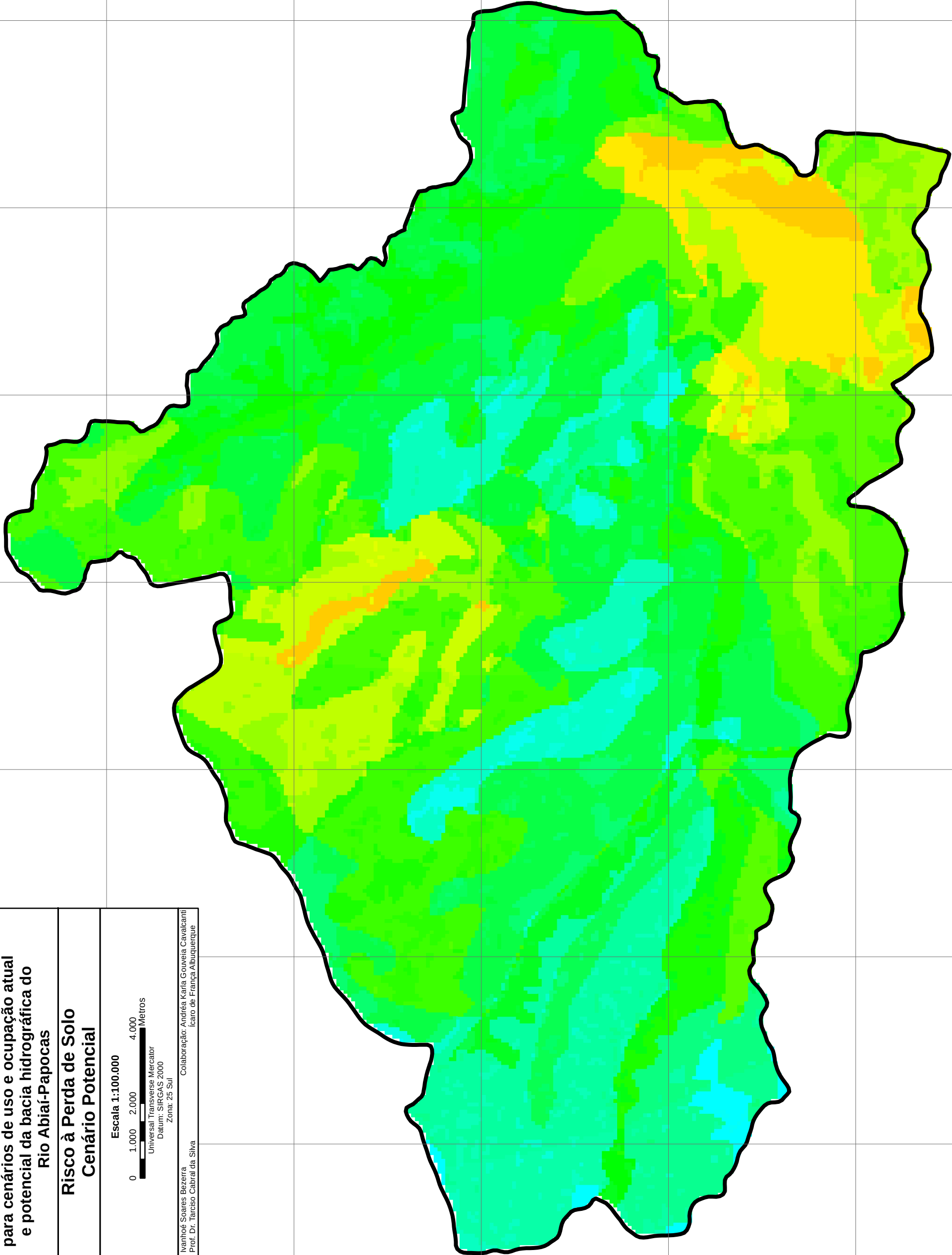
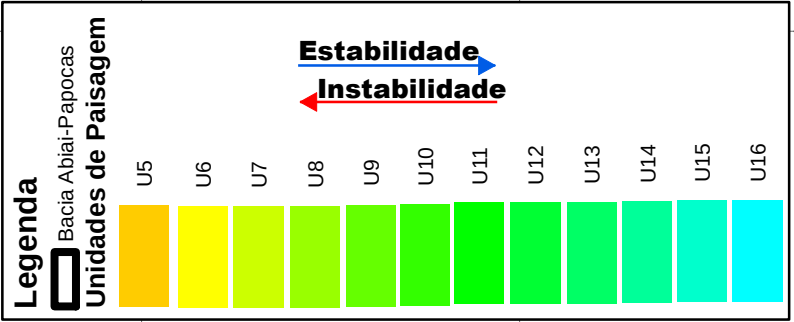
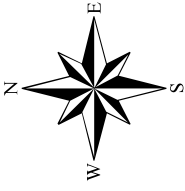
Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Risco à Perda de Solo
Cenário Potencial

01.0002.0004.000

Universal Transverse Mercator
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 25 Sul

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra
Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva
Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Ícaro de França Albuquerque



**APÊNDICE R - Carta de Risco à Perda de Solo: Diferença Cenário Atual x
Cenário Potencial**

Análise de riscos à perda de solo
para cenários de uso e ocupação atual
e potencial da bacia hidrográfica do
Rio Abiaí-Papocas

Risco à Perda de Solo

Diferença Cenário Atual x Cenário Potencial

Escala 1:100.000

01.0002.0004.000

Metros

Universal Transverse Mercator

Datum: SIRGAS 2000

Zona: 25 Sul

Mestrando: Ivanhoé Soares Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Colaboração: Andréa Karla Gouveia Cavalcanti

Ícaro de França Albuquerque

Bacia Abiaí-Papocas

Diferença do Risco

DRS > 0, Cenário atual causa perda maior de solo que a potencial

DRS < 0, Cenário atual causa perda menor de solo que a potencial