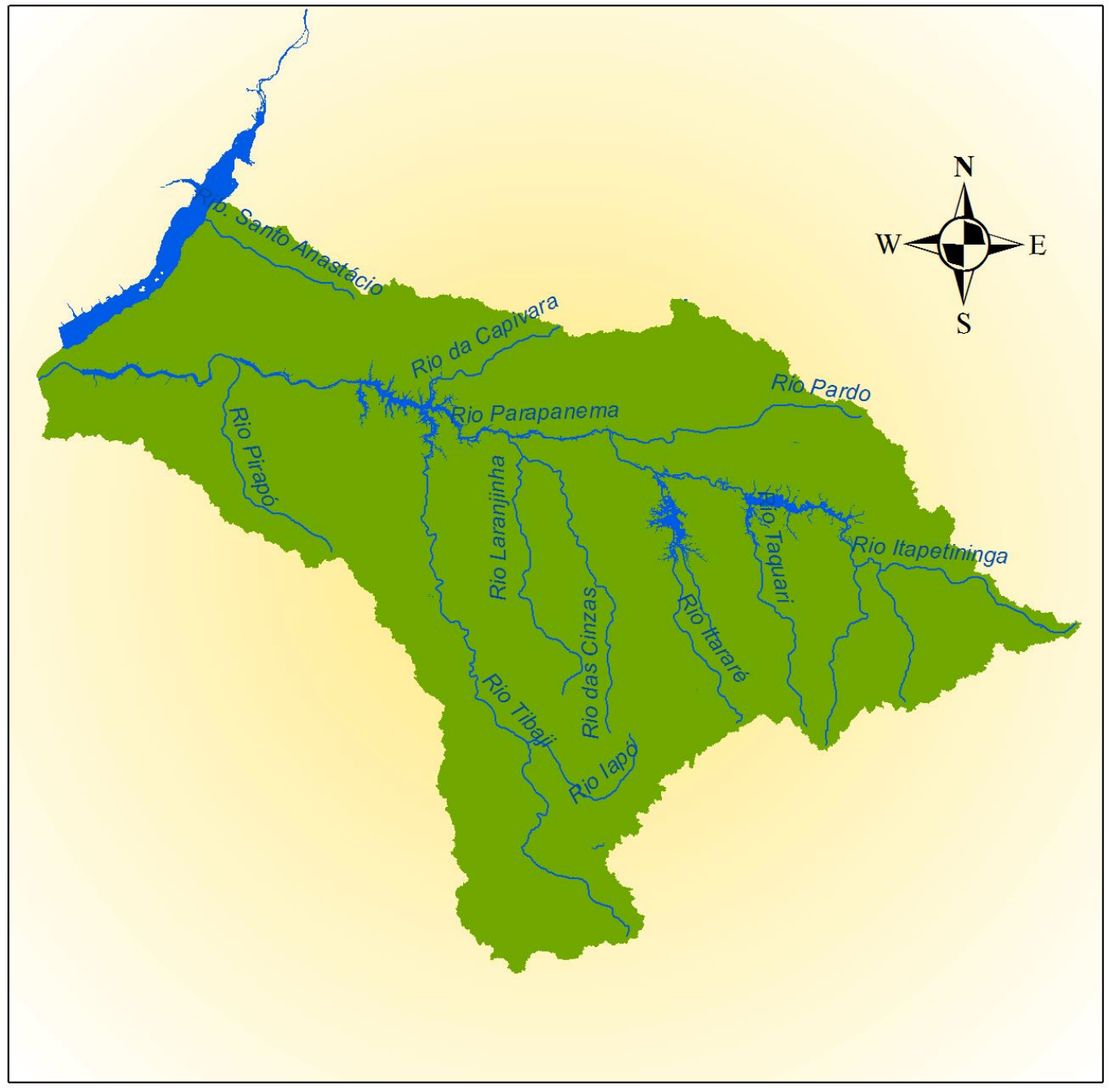
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

ATLAS GEOAMBIENTAL DA

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAPANEMA



Comitê da Bacia Hidrográfica
Rio Paranapanema

Programa de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado Profissional

Faculdade de Ciências e Tecnologia

UNESP

Coordenação do Atlas

Profª Dra. Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia

Equipe Executora

Mestrandos:

Edi Carlos Ferreira
Elisângela Batista Viudes Barbosa
Elisângela Coutinho Armando
Fernando Henrique Camargo Jardim
Fernando Henrique Vidal França
Isabela Redigolo Da Silva
João Baccarin Xisto Paes
Juliana Correa Bertocco Mazarelli
Paulo Sergio Mantin
Regis Rossetto Ferraz De Barros
Rosana Abbud

Corpo Docente Mestrado Profissional FCT - UNESP

Antonio Cezar Leal
Antonio Thomaz Junior
Claudio Antonio di Mauro
Edson Luis Piroli
Eduardo Paulon Girardi
Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia
José Tadeu Garcia Tommaselli
José Mariano Caccia Gouveia
Margarete Cristiane de C. Trindade Amorim
Maria Cristina Rizk
Paulo Augusto Romera e Silva
Paulo Cesar Rocha
Renata Ribeiro de Araújo
Raul Borges Guimarães
Rodrigo Lilla Manzione

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 4

INTRODUÇÃO 5

OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA 7

MATERIAIS E MÉTODOS 9

UGRH PARANAPANEMA 11

Mapa 01 – Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema 13

Mapa 02 – Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema 15

Mapa 03 – Mapa Clinográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema 16

Mapa 04 – Mapa Fragilidade Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema 17

Mapa 05 – Mapa de Estimativa de Perdas de Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema (Erosão laminar) 19

Mapa 06 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema 20

Mapa 07 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema 21

Mapa 08 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) 22

UGH ALTO PARANAPANEMA 23

Mapa 09 - Mapa de Fragilidade Ambiental da UGH Alto Paranapanema (Erosão Linear) 24

Mapa 10 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solo da UGH Alto Paranapanema (Erosão Laminar) 25

Mapa 11 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da UGH Alto Paranapanema 26

Mapa 12 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da UGH Alto Paranapanema 27

Mapa 13 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) da UGH Alto Paranapanema 28

UGH MÉDIO PARANAPANEMA 29

Mapa 14 - Mapa de Fragilidade Ambiental da UGH Médio Paranapanema (Erosão Linear) 30

Mapa 15 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solo da UGH Médio Paranapanema (Erosão Laminar) 31

Mapa 16 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da UGH Médio Paranapanema (Erosão Laminar) 32

Mapa 17 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da UGH Médio Paranapanema (Erosão Laminar) 33

Mapa 18 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) da UGH Médio Paranapanema 34

UGH PONTAL DO PARANAPANEMA 35

Mapa 19 - Mapa de Fragilidade Ambiental da UGH Pontal do Paranapanema (Erosão Linear) 36

Mapa 20 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solo da UGH Pontal do Paranapanema (Erosão Laminar) 37

Mapa 21 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da UGH Pontal do Paranapanema (Erosão Laminar) 38

Mapa 22 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da UGH Pontal do Paranapanema (Erosão Laminar) 39

Mapa 23 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) da UGH Pontal do Paranapanema 40

UGH NORTE PIONEIRO 41

Mapa 24 - Mapa de Fragilidade Ambiental da UGH Norte Pioneiro (Erosão Linear) 42

Mapa 25 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solo da UGH Norte Pioneiro (Erosão Linear) 43

Mapa 26 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da UGH Norte Pioneiro (Erosão Linear) 44

Mapa 27 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da UGH Norte Pioneiro (Erosão Linear) 45

Mapa 28 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) da UGH Norte Pioneiro 46

UGH TIBAGI 47

Mapa 29 - Mapa de Fragilidade Ambiental da UGH Tibagi (Erosão Linear) 48

Mapa 30 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solo da UGH Tibagi (Erosão Linear) 49

Mapa 31 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da UGH Tibagi (Erosão Linear) 50

Mapa 32 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da UGH Tibagi (Erosão Linear) 51

Mapa 33 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) da UGH Tibagi 52

UGH PIRAPONEMA 53

Mapa 34 - Mapa de Fragilidade Ambiental da UGH Piraponema (Erosão Linear) 54

Mapa 35 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solos da UGH Piraponema (Erosão Laminar) 55

Mapa 36 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da UGH Piraponema (Erosão Laminar) 56

Mapa 37 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da UGH Piraponema (Erosão Laminar) 57

Mapa 38 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) da UGH Piraponema 58

SÍNTESE 59

Mapa 39 - Mapa de Fragilidade Ambiental (Erosão Linear)- Médias das UGHs 60

Mapa 40 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solo (Erosão Laminar) - Médias das UGHs 61

Mapa 41 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) - Médias das UGHs 62

Referências Bibliográficas 63

GLOSSÁRIO 65

APRESENTAÇÃO

O Programa de Pós-Graduação em Geografia - Mestrado Profissional da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Presidente Prudente foi criado pela Resolução UNESP 52 de 25/11/2010, reconhecido pela Portaria CAPES 1325 de 21/09/2011, e teve seu início em setembro de 2011.

Articulado com os Comitês de Bacias Hidrográficas, o Programa deve fomentar a formação e capacitação de profissionais habilitados para o desenvolvimento de trabalhos técnico-científicos voltados aos sistemas públicos de gestão ambiental e de gerenciamento de recursos hídricos, notadamente neste momento em que avança a interação entre esses sistemas no estado de São Paulo e outros estados da federação brasileira. O gerenciamento cada vez mais complexo dos sistemas hídricos do país justificam plenamente a capacitação pretendida com essa modalidade de mestrado

A UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente/SP, através do Mestrado Profissional em Geografia, apresenta o **ATLAS GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAPANEMA,** fundamental para o conhecimento da Bacia Hidrográfica do Paranapanema.

A publicação oferece um conjunto de informações imprescindíveis para estudos e a análises das dinâmicas ambientais da bacia hidrográfica. Espera-se dessa forma, despertar o interesse do público para a compreensão da nossa realidade e a partir daí buscar alternativas para compatibilizar usos e atividades econômicas com as potencialidades e fragilidades geoambientais da bacia hidrográfica do Paranapanema.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei Federal 9.443, de 08 de janeiro de 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos tem como objetivo garantir à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade hídrica, em padrões de qualidade adequados aos usos, tendo como diretriz a gestão sistemática dos recursos hídricos.

O Rio Paranapanema por tratar-se de um rio de domínio da União, cuja bacia hidrográfica abrange dois Estados da Federação, a gestão dos recursos hídricos da bacia deve se apoiar na integração e articulação do planejamento nos diversos âmbitos dos Sistemas de Gerenciamento de Recursos Hídricos Estaduais e Nacional. Assim, em 2007, representantes de Comitês Paulistas e a Coordenadoria de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (CRHi/SP) realizaram reunião em Curitiba/PR com a Superintendência do Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) e a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA/PR), com o objetivo de propor o início de trabalhos conjuntos para integração das ações no âmbito da bacia hidrográfica do Rio Paranapanema.

Como estágio preparatório, foi realizado em setembro de 2008, durante o Diálogo Interbacias de Educação Ambiental em Recursos Hídricos, no município de Avaré/SP, o Seminário de Integração dos Comitês das Bacias Hidrográficas do Paranapanema. Participaram representantes dos Comitês das Margens Paulista e Paranaense do Rio Paranapanema, dos órgãos gestores e das Universidades dos Estados, além de representantes da Agência Nacional de Águas-ANA.

Como resultado do Seminário foi proposta a criação de um Grupo de Trabalho integrado pelos comitês de bacias (3 comitês de São Paulo e 3 comitês do Paraná), e pelos órgãos gestores como a SMA/SP, SEMA/PR, SUDERHSA, IAP, CETESB e DAEE. Para a formalização do GT Paranapanema foi proposta a assinatura de uma Resolução Conjunta entre o Governo de São Paulo e do Paraná com a anuência da ANA e da SRHU-MMA,

Assinada em 06 de março de 2009, em Londrina/PR, a Resolução Conjunta ANA/SMA-SP/SEMA-PR nº 66/2009, constituiu o Grupo de Trabalho do Paranapanema com o objetivo de propor ações para a gestão integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema, sendo uma de suas primeiras atribuições elaborar o Plano de Trabalho do GT.

Em 22 de abril de 2009, na cidade de Ourinhos/SP, tomou posse o Grupo de Trabalho do Paranapanema sendo definidas as diretrizes para o Plano de Trabalho, aprovado em junho de 2009, na segunda reunião do GT realizada em Maringá/PR.

Após várias reuniões do GT e cumprido o Plano de Trabalho para 2009, nova fase de articulação se inicia, com a mobilização dos Comitês, da Sociedade Civil, dos Usuários e instâncias do Governo para a instalação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema.

O rio Paranapanema é um afluente direto do rio Paraná, pela sua margem esquerda, e localiza-se na divisa entre os estados do Paraná e São Paulo. Conforme a Resolução CNRH nº 109, de 13 de abril de 2010, a UGRH Paranapanema engloba as bacias hidrográficas do rio Paranapanema e do rio Santo Anastácio (e demais tributários diretos que contribuem para o rio Paraná nesta região).

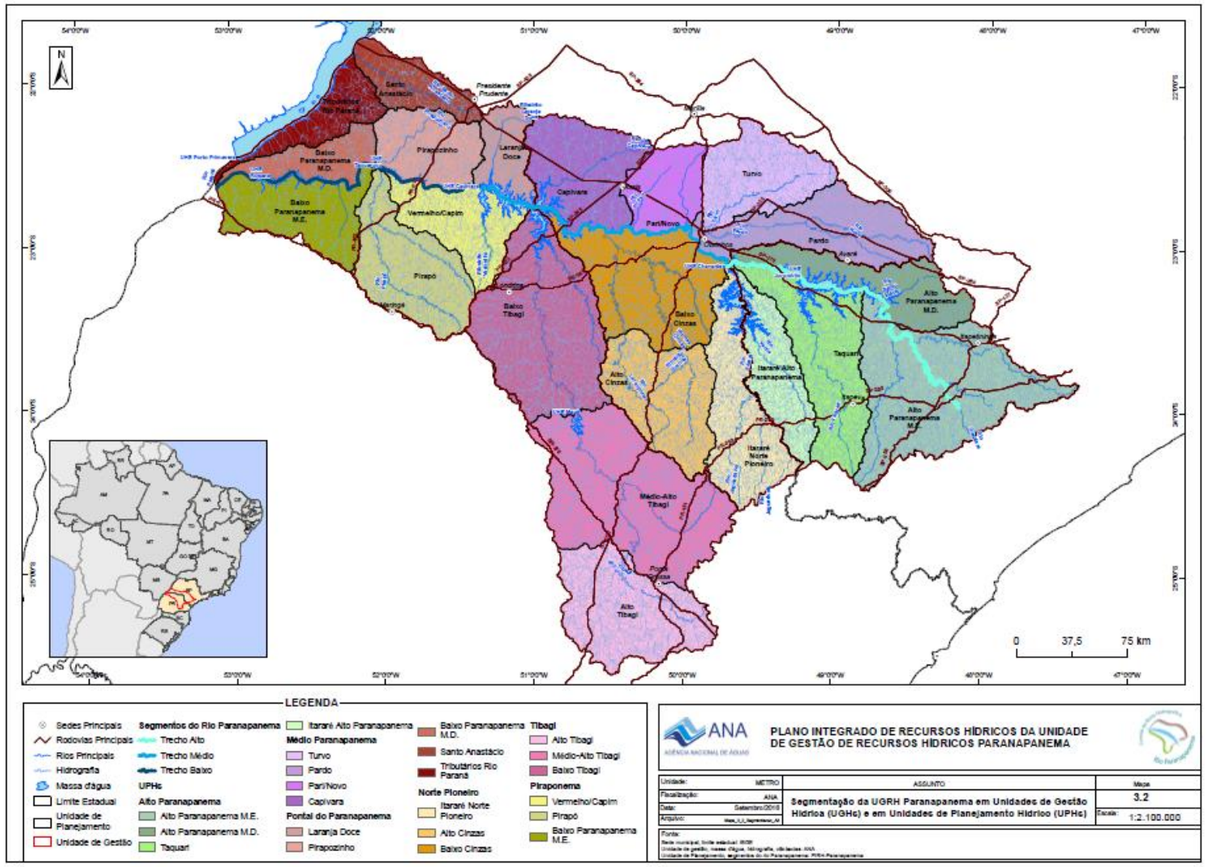
A bacia hidrográfica do rio Paranapanema, pertencente à região hidrográfica do Paraná, compreende uma área de 106,5 mil km², e drena áreas de 247 municípios dos quais 115 estão localizados no Estado de São Paulo e 132 no Estado do Paraná. Dentre eles, destacam-se as seguintes sedes municipais: Londrina, Maringá e Ponta Grossa, no Paraná; e Itapetininga, Ourinhos, Assis e Presidente Prudente, em São Paulo.

A bacia hidrográfica do rio Paranapanema concentra 2,3% da população brasileira (cerca de 4.680.000 habitantes) e respondendo por quase 2% do PIB nacional, o que mostra a sua importância no contexto socioeconômico brasileiro. (ANA/CBH-Rio Paranapanema, 2016).

Conforme a Resolução CNRH nº 109[1], de 13 de abril de 2010, que definiu as Unidades de Gestão de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas de rios de domínio da União (UGRHs), a UGRH Paranapanema engloba as bacias hidrográficas do rio Paranapanema e do rio Santo Anastácio e demais tributários diretos que contribuem para o rio Paraná nesta região. Embora a bacia do rio Santo Anastácio, não faça parte da bacia hidrográfica do rio Paranapanema, é integrante da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI 22), que é uma das três unidades de gestão da vertente paulista pertencentes ao CBH-PARANAPANEMA. Além da UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema, fazem parte do CBH-Paranapanema, as UGRHIs 14 (Alto Paranapanema) e 17 (Médio Paranapanema) no estado de São Paulo e, no estado do Paraná, as UGRHIs Norte Pioneiro, Tibagi e Piraponema.

O **ATLAS GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAPANEMA** apresenta informações cartográficas em três recortes espaciais: a Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Paranapanema (UGRH) que engloba as bacias hidrográficas do rio Paranapanema e do rio Santo Anastácio (e demais tributários diretos que contribuem para o rio Paraná nesta região); suas Unidades de Gestão Hidrográficas (UGH), nomenclatura estabelecida para unificar as siglas UGRHI – Unidades de Gestão dos Recursos Hídricos (São Paulo) e UH – Unidades Hidrográficas (Paraná)[2] (Figura 1); e Unidades de Planejamento Hídrico (UPHs) (Figura 1).

Figura 1 – Unidades de Gestão Hidrográficas (UGHs e UPHs)



Fonte: ANA/CBH-Rio Paranapanema (2016)

1 http://www.cbh.gov.br/legislacao/20100610_CNRHRes109.pdf

[2] Compreende as três UGRHI do Estado de São Paulo, a saber: Alto Paranapanema, Médio Paranapanema e Pontal do Paranapanema; e as quatro UH do Estado do Paraná, reagrupadas em três, de acordo com áreas de atuação dos comitês de bacia, a saber: Norte Pioneiro, Tibagi e Piraponema, totalizando seis UGHs

OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

O **ATLAS GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAPANEMA** foi elaborado com o objetivo de apresentar documentos cartográficos que possam subsidiar as ações previstas no Plano Integrado de Recursos Hídricos (PIRH Paranapanema). Também fornece subsídios para tomadas de decisões nas esferas municipais (plano diretores, zoneamentos do território), nas empresas de serviços de utilidades públicas (telecomunicações, energia elétrica e saneamento) e meio ambiente (diagnósticos, monitoramento, gestão ambiental entre outros).

As informações cartográficas presentes no **ATLAS GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAPANEMA** referem-se à geomorfologia (compartimentos e formas do relevo) e processos erosivos.

Ross & Moroz (1996) ressaltam que a Geomorfologia desempenha papel importante no planejamento do uso da terra para a agricultura, pecuária, urbanização, planejamento ambiental, pesquisas sobre recursos minerais, recuperação de áreas degradadas, dentre outros. Desse modo, os conhecimentos relativos à Geomorfologia são de suma importância para o desenvolvimento de projetos de planejamento aplicáveis aos estudos ambientais, formas de uso do solo para empreendimentos urbanos ou rurais, pesquisas relacionadas a recursos naturais renováveis e não-renováveis, bem como à prevenção ou recuperação de áreas afetadas por impactos de cunho antropogenético. (CHRISTOFOLETTI, 1994; SUGUIO, 2000).

Rodrigues (1997) afirma que “planejar é antecipar cenários sobre processos” (p.126). Assim, as previsões em geomorfologia estão diretamente ligadas aos objetivos nucleares do planejamento físico-territorial e ambiental, tais como avaliação de recursos, avaliação de impactos, e prevenção de riscos. Avaliar recursos implica em previsões, em simular respostas sobre o comportamento do meio físico diante das solicitações de exploração, da mesma forma avaliar impactos também implica na antecipação sobre o comportamento do ambiente diante de solicitações específicas. A prevenção de riscos ambientais trabalha necessariamente com previsão, necessitando do conhecimento da morfodinâmica para realizar antecipações sobre processos.

Nesse sentido, a análise e cartografia geomorfológica oferecem importantes subsídios à avaliação do potencial de uso da terra e da suscetibilidade dos ambientes naturais em função dos usos atuais e futuros (ROSS, 1995), servindo ainda como base para a elaboração de instrumentais técnicos de planejamento integrado, de fundamental importância para o ordenamento e gestão territorial (mapas de fragilidade ambiental, mapas de suscetibilidade a erosão, mapas de vulnerabilidade e riscos ambientais, dentre outros).

A degradação dos solos vem crescendo de forma alarmante, atingindo níveis críticos que se refletem no assoreamento e contaminação dos cursos e corpos d’água, com prejuízos para a saúde humana e animal, na disponibilidade de água para abastecimento e para irrigação, na geração de energia, na destruição de estradas, de pontes e outras estruturas, na perda irreparável de áreas agricultáveis e na redução da produtividade agrícola, na diminuição da renda e, consequentemente, no empobrecimento da sociedade.

Entende-se por erosão o processo de “desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais)” (IPT, 1986). No Brasil, grande parte dos processos erosivos são de natureza hídrica, mais especificamente, pluvial. Dentre as formas de erosão pluvial destacam-se a erosão laminar e erosão linear.

A erosão laminar (Figura 2) acontece quando a água escoa uniformemente pela superfície do terreno, transportando as partículas de solo, sem formar canais definidos. Sinônimo de **erosão em lençol**, tal dinâmica erosiva é condicionada, primordialmente, pela ação da água superficial no terreno onde as taxas de escoamento superam a capacidade de infiltração no solo. Apesar de ser uma forma mais amena de erosão, é responsável por grandes prejuízos às terras agrícolas e pelo fornecimento de grande quantidade de sedimentos que assoreiam rios, lagos e represas. (Proin/CAPES e UNESP/IGCE, 1999).

A erosão linear (Figura 3) É aquela causada pelo escoamento superficial concentrado com fluxos d’água em forma de filetes. Sua evolução dá origem a três tipos diferentes de erosão:

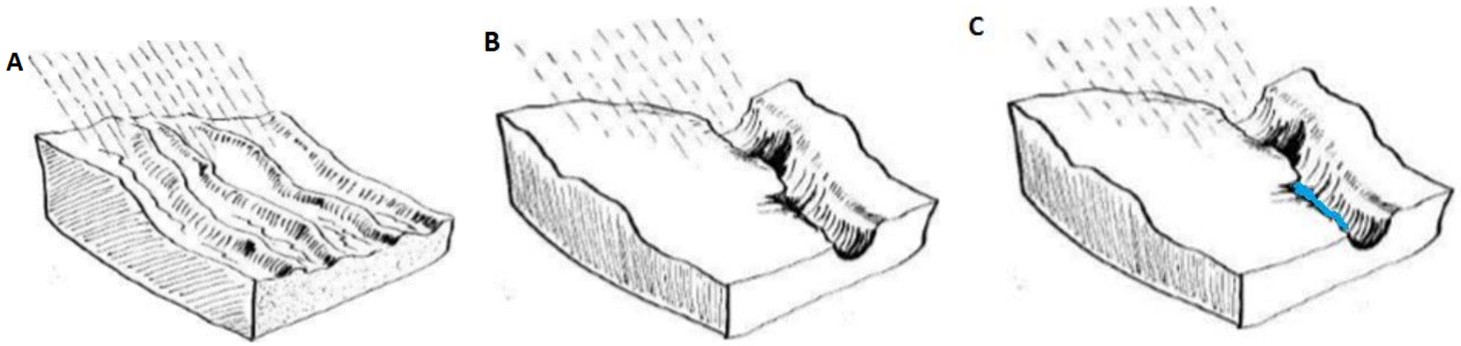
- **Sulco** - é um tipo de erosão no qual o fluxo d’água ao atingir maior volume transporta maior quantidade de partículas, formando incisões na superfície de até 0,5 m de profundidade e perpendiculares às curvas de nível;

- **Ravinas** - são formas erosivas lineares com profundidade maior que 0,5 m, neste caso as águas do escoamento superficial escavam o solo até seus horizontes inferiores; possuem forma retilínea, alongada e estreita;
- **Voçoroca** - é a forma mais complexa de erosão linear, neste caso ocorre o aprofundamento da erosão até atingir o nível freático que aflora no fundo do canal. Há, então, ação combinada das águas do escoamento superficial e subterrâneo, o que condiciona uma evolução da erosão lateral e longitudinalmente (Proin/CAPES e UNESP/IGCE, 1999).

- Figura 2 – Erosão Laminar

- Fonte: IIRR (2008)

Figura 3 - Tipos de Erosão Linear



A – Sulcos; B – Ravinas; e C – Voçoroca

Fonte: Adaptado de IIRR (2008)

Para Guerra (1994), a erosão dos solos deve ser considerada um problema político, econômico e social, cujo Estado está cada vez mais envolvido no diagnóstico e nos programas de recuperação dos solos. Entretanto, o mesmo autor considera que as principais regiões afetadas pelos processos erosivos são aquelas com dinamismo econômico estagnado e prejudicadas pela falta de atuação do Estado em assistência técnica e créditos rurais aos pequenos produtores.

Segundo Tominaga et al (2009),

> Dentre os instrumentos técnicos mais indicados à prevenção de erosão acelerada destacam-se os mapas geotécnicos ou geoambientais, os quais por meio da caracterização e análise dos fatores naturais que influenciam a ocorrência de processos erosivos indicam a suscetibilidade ou potencial do terreno em desenvolver estes processos. Estas informações são importantes para orientar o uso e ocupação do solo, podendo ter aplicação em instrumentos legais de disciplinamento do uso do espaço territorial, como nos planos diretores municipais. (p. 65)

MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização do meio físico da UGRH baseia-se na Nota Técnica nº 01 (ANA, 2014) que apresenta a caracterização físico-biótica, a dinâmica socioeconômica, o uso do solo e uma análise de eventos críticos na UGRH Paranapanema, elaborada por docentes[3] do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Mestrado Profissional da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP; e, em MOROZ-CACCIA GOUVEIA et al (2014) que apresentam o Mapa Geomorfológico e Mapa de Fragilidade Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema, produzido à partir da junção de materiais cartográficos pré-existentes: Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (ROSS e MOROZ, 1997) e Mapa Geomorfológico do Estado do Paraná (SANTOS et al, 2006) e Mapa de Vulnerabilidade Geoambiental do Estado do Paraná (SANTOS et al, 2007).

Os mapas de Fragilidade Ambiental das UGHs foram produzidos por MOROZ-CACCIA GOUVEIA (2018) de acordo com proposta metodológica de ROSS (1994).

Segundo Ross (1994), a análise empírica da fragilidade ambiental é resultado da análise integrada de características do relevo (gênese, morfologia, morfometria e morfodinâmica), tipos de solo, litologia, cobertura vegetal, uso da terra e pluviometria. “A obtenção desses dados requer levantamentos de campo e serviços de gabinete, a partir dos quais geram-se produtos cartográficos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia e uso da terra/vegetação”. Ross, 1994, p.66).

Portanto, a **Fragilidade Ambiental** resulta de uma análise multicriterial e permite a identificação de níveis que variam de Muito Fraco, Fraco, Médio, Forte e Muito Forte quanto aos processos de **erosão linear**.

Para a variável relevo foram gerados mapas clinográfico e de curvatura do terreno no ArcGIS®, software de Sistema de Informação Geográfica, a partir de MDE (modelo digital de elevação) disponibilizado pelo projeto TOPODATA (Banco de dados geomorfométicos do Brasil).[4] Os produtos do projeto TOPODATA são derivados do processo de refinamento das imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) que transforma sua resolução espacial original, de 90m para 30m. Para a variável solos utilizou-se o mapa pedológico da bacia hidrográfica do Rio Paranapanema (1:500.000), elaborado a partir do Mapa Pedológico do Estado do Paraná (BHERING et al, 2008) e Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al, 1999). Para a variável Uso e Cobertura da Terra utilizou-se o Mapa de Uso e Cobertura da Terra da UGRH Paranapanema (ANA/CBH-Paranapanema, 2016), também na escala 1:500.000.

Os mapas referentes a **perdas de solos por erosão laminar** bem como a estimativa de sedimentos retidos e sedimentos exportados[5] foram produzidos pelos alunos do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Mestrado Profissional da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP, no ano de 2017. Para o desenvolvimento deste trabalho, além das bibliografias referentes ao tema, foram produzidos documentos cartográficos utilizando ferramentas computacionais como InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs), ArcGIS® e NetErosividade.

A ferramenta computacional InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs), em português: Avaliação integrada de Serviços Ambientais e Compensações, foi desenvolvida pelo Natural Capital Project, um programa da Universidade de Stanford (Califórnia-EUA) em parceria com as organizações ambientais The Nature Conservancy-TNC e World Wildlife Fund - WWF (TALLIS et al, 2011).

Trata-se de um conjunto de ferramentas de modelagem matemática de serviços ambientais. A ferramenta necessita trabalhar em conjunto com o ArcGIS®. Atualmente o InVest dispõe de diversos módulos, tais como produção de sedimentos, produção de madeira manejada, biodiversidade, polinização, biodiversidade terrestre, armazenamento e sequestro de carbono entre outros (TALLIS et al., 2011).

Para esse trabalho, foi utilizado o modelo de produção de sedimentos, que fornece ao usuário uma ferramenta para estimar o potencial de perda de solo e a capacidade de exportação e retenção de sedimentos de uma determinada bacia (TALLIS et al., 2011).

O modelo de produção de sedimentos é baseado na Equação Universal de Perda de Solo (USLE) desenvolvida por Wischmeier e Smith (1976).

---

[3] Prof. Dr. Antonio Cezar Leal, Profa. Dra. Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia, Prof. Dr. Jose Mariano Caccia Gouveia, Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha e Profa. Dra. Renata Ribeiro de Araújo.

[4] http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php

[5] Parte dos sedimentos produzidos por erosão laminar pode ficar retida nas vertentes em função do uso e cobertura do solo como por exemplo, em função da presença de matas ciliares e parte acaba atingindo os corpos d’água.

Os componentes da USLE são agrupados em seis fatores, que auxiliam no entendimento da atuação dos processos de erosão laminar acelerada e de diferentes níveis de susceptibilidade. O produto dos fatores representa a média anual de perdas de solo (A) e estão relacionados da seguinte forma:

$$A = R . K . L . S. C . P$$

Onde:

A = representa a estimativa de perda média anual de solo em determinada área, em condições específicas de uso e ocupação do solo (t/ha.ano)

R = Erosividade da Chuva (Mj.mm/ha.h.ano)
K = Erodibilidade do solo (t.h/Mj.mm)
L = Comprimento de rampa (m)
S = Declividade de rampa (%)
C = Uso e manejo do solo (0 a 1)
P = Práticas conservacionistas (0 a 1)

A partir da integração de dados morfométricos (declividades e comprimento de rampa), de precipitações (erosividade), propriedades dos solos (erodibilidade) e padrões de uso e ocupação da terra, esse módulo permite calcular a perda de solo média anual de cada parcela de terra, além de determinar o quanto de solo pode chegar a um determinado ponto de interesse, conhecendo a capacidade de cada parcela para reter sedimentos, e, adicionalmente, avaliar o custo de remoção do sedimento acumulado (THOMPSON & FIDALGO, 2013).

Os dados de entrada requeridos pelo InVEST, bem como os produtos cartográficos finais foram preparados no ArcGIS® 10.1.

Os dados morfométricos (fatores LS) são obtidos automaticamente pelo InVEST a partir de MDE (modelo digital de elevação). No caso, utilizou-se MDE disponibilizado pelo projeto TOPODATA (Banco de dados geomorfométicos do Brasil)[6].

Os dados referentes à erosividade (fator R) requeridos pelo InVEST devem ser apresentados na forma de um mapa isoerodente, em formato raster. Para a elaboração deste mapa, utilizou-se os dados de erosividade obtidos por Waltrick et al. (2015), referentes a 61 estações pluviométricas do estado do Paraná e dados obtidos através do programa NetErosividade SP (GPRH/UFV – IAC)[7] referentes a 154 estações no estado de São Paulo. O valor do índice de erosividade (MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}) depende da duração e intensidade da chuva.

Em relação à erodibilidade, utilizou-se o mapa pedológico da bacia hidrográfica do Rio Paranapanema (1:500.000), elaborado a partir do Mapa Pedológico do Estado do Paraná (BHERING et al, 2008) e Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al, 1999). O fator K foi atribuído para cada classe de solos de acordo com referências encontradas na literatura (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985; SILVA & ALVARES, 2005 e PULIDO GÓMEZ, 2012). O mapa foi convertido para o formato raster e reclassificado com base nos valores de erodibilidade (Mg ha h MJ^{-1} mm^{-1}) para cada tipo de solo. A erodibilidade é determinada pelo potencial de desagregação das partículas constituintes do solo.

Para os fatores C e P, utilizou-se o Mapa de Uso e Cobertura da Terra da UGRH Paranapanema (ANA/CBH-Paranapanema, 2016), também na escala 1:500.000. Os valores dos fatores C e P foram atribuídos de acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1985), Sivertun & Prange (2003) e Ribeiro & Alves (2007). Além do mapa de uso e cobertura da terra em formato raster, o Invest requer também uma tabela em formato CSV com os valores dos fatores C e P para cada categoria de uso e cobertura da terra.

O módulo SRD solicita ainda (opcionalmente) em formato shape, a rede de drenagem e a divisão da área em sub-bacias hidrográficas, que serão analisadas quanto à produção e retenção de sedimentos para um determinado ponto de interesse. Na presente pesquisa, optou-se por utilizar a sub-divisão da área em UPHs (Unidades de Planejamento Hídrico).

Os mapas de Susceptibilidade à Erosão (Linear e Laminar) das UGHs resultaram da análise ponderada através de SIG entre os Mapas de Fragilidade Ambiental (Erosão Linear) e Mapas de Estimativa de Perdas de Solos (Erosão Laminar).

[2] http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php
[3] http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares

UGRH PARANAPANEMA

De acordo com os mapas geomorfológicos do Estado de São Paulo (ROSS & MOROZ, 1997) e do Estado do Paraná (SANTOS et al., 2006), o relevo da UGRH Paranapanema abrange três unidades morfoestruturais I - Cinturão Orogênico do Atlântico; II – Bacia Sedimentar do Paraná; III -Bacias Sedimentares Cenozóicas.

O Rio Paranapanema tem suas nascentes nos terrenos cristalinos da Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico, cujas Unidades Morfoesculturais denominam-se, genericamente, Planalto Atlântico, no estado de São Paulo e, Primeiro Planalto, no estado do Paraná. Nestas morfoesculturas, são encontrados predominantemente associações de solos dos tipos Latossolos e Argissolos em maiores extensões. Em porções de menor extensão, são encontrados Cambissolos, geralmente háplicos, principalmente em locais de maiores altitudes e altas declividades, assim como, pontualmente, observa-se a ocorrência de Neossolos litólicos. (MOROZ-CACCIA GOUVEIA et al, 2014; ANA/CBH - Rio Paranapanema, 2014)

Adentrando para oeste, grande parte da UGRH Paranapanema assenta-se sobre a Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, cujas unidades Morfoesculturais correspondem no estado do Paraná ao “Segundo Planalto Paranaense” e “Terceiro Planalto Paranaense” e à Depressão Periférica Paulista e Planalto Ocidental Paulista, no estado de São Paulo. Nas unidades morfoesculturais Segundo Planalto Paranaense e Depressão Periférica Paulista são encontradas predominantemente as associações de solos dos tipos Argissolos e Latossolos em maiores extensões e secundariamente, ocorrências de Cambissolos, Neossolos litólicos e Neossolos quartzarênicos. Já nas unidades morfoesculturais Terceiro Planalto Paranaense e Planalto Ocidental Paulista predominam as associações de Latossolos e Argissolos, principalmente sobre as formações areníticas, que ocorrem nas maiores extensões do terreno. Todavia, importantes ocorrências de Nitossolos associados aos basaltos intercalados por arenitos característicos da Formação Serra Geral, são encontradas, além de áreas constituídas por Neossolos litólicos. (MOROZ-CACCIA GOUVEIA et al, 2014; ANA/CBH-Rio Paranapanema, 2014) (MAPA 01 e QUADRO 1).

A Unidade Morfoestrutural denominada Bacias Sedimentares Cenozóicas corresponde, na área de estudo, às planícies fluviais. Destaca-se a presença de trechos de planícies fluviais no curso inferior do Rio Paranapanema, à jusante da UHE de Rosana, no Rio Paraná, à jusante da UHE Porto Primavera e no baixo curso do Rio Santo Anastácio, no estado de São Paulo, e, ainda, no alto curso do Rio Tibagi, no estado do Paraná. Nelas, e em outras menores, geralmente alveolares de pequenas extensões podem ser encontrados solos dos tipos Organossolos e Neossolos flúvicos, com ocorrências pontuais de Gleissolos. (MOROZ-CACCIA GOUVEIA et al, 2014). São áreas sujeitas à inundações periódicas, com lençol freático pouco profundo e sedimentos inconsolidados sujeitos à acomodações constantes (ROOS & MOROZ, 1997)

Segundo ANA/CBH-Rio Paranapanema (2016) as maiores altitudes (em torno de 1.363 m) localizam-se no setor oriental da bacia e vão diminuindo em direção ao rio Paraná, apresentando 185 m de altitude na foz do rio Paranapanema (MAPA 02). Quanto às declividades, observa-se que mesmo nas regiões de maiores altitudes as declividades são baixas, tendo pouca representatividade acima de 20%, sendo estas mais evidentes nas porções oriental e central da bacia hidrográfica (MAPA 03).

Com relação ao clima, as temperaturas médias anuais diminuem em função do aumento da latitude e também em função da continentalidade. Desse modo, são inferiores a 18°C no sul e sudeste da UGRH e superiores a 21°C no norte e noroeste A precipitação média na UGRH é de 1.450 mm, podendo atingir valores acima de 1.800 mm, nas áreas mais altas e ao sul; e valores inferiores da ordem de 1.300 mm a leste e noroeste (ANA/CBH-Rio Paranapanema, 2014).

A partir do Mapa de Geomorfologia do Estado de São Paulo (Ross & Moroz, 1997) e do Mapa de Vulnerabilidade Geoambiental do Estado do Paraná (OKA-FIORI *et al.*, 2007; SANTOS *et al.,* 2007), Moroz-Caccia Gouveia et al. (2014), elaboraram o Mapa de Fragilidade Geoambiental da UGRH Paranapanema. Tal produto cartográfico classifica as áreas da bacia hidrográfica de acordo com o grau de fragilidade (baixa, média e alta) face aos processos erosivos lineares ou de inundação. A fragilidade geoambiental, de acordo com proposta metodológica de Ross (1994), é obtida a partir da análise integrada das seguintes variáveis: relevo, solos, litologia, cobertura vegetal/uso das terras e pluviosidade (MAPA 04 e QUADRO 2). Inseridos na categoria de alta fragilidade, cabe destacar as seguintes subunidades morfoesculturais: no Planalto Atlântico, os planaltos de Guapiara e de Ibiúna/São Roque; no Segundo Planalto Paranaense, os planaltos de Ortigueira e de Santo Antônio da Platina; no Terceiro Planalto Paranaense, os planaltos de Umuarama, Foz de Areia e Centro Ocidental Topos Convexos; e nas Planícies Fluviais, as planícies e pequenos terraços fluviais.

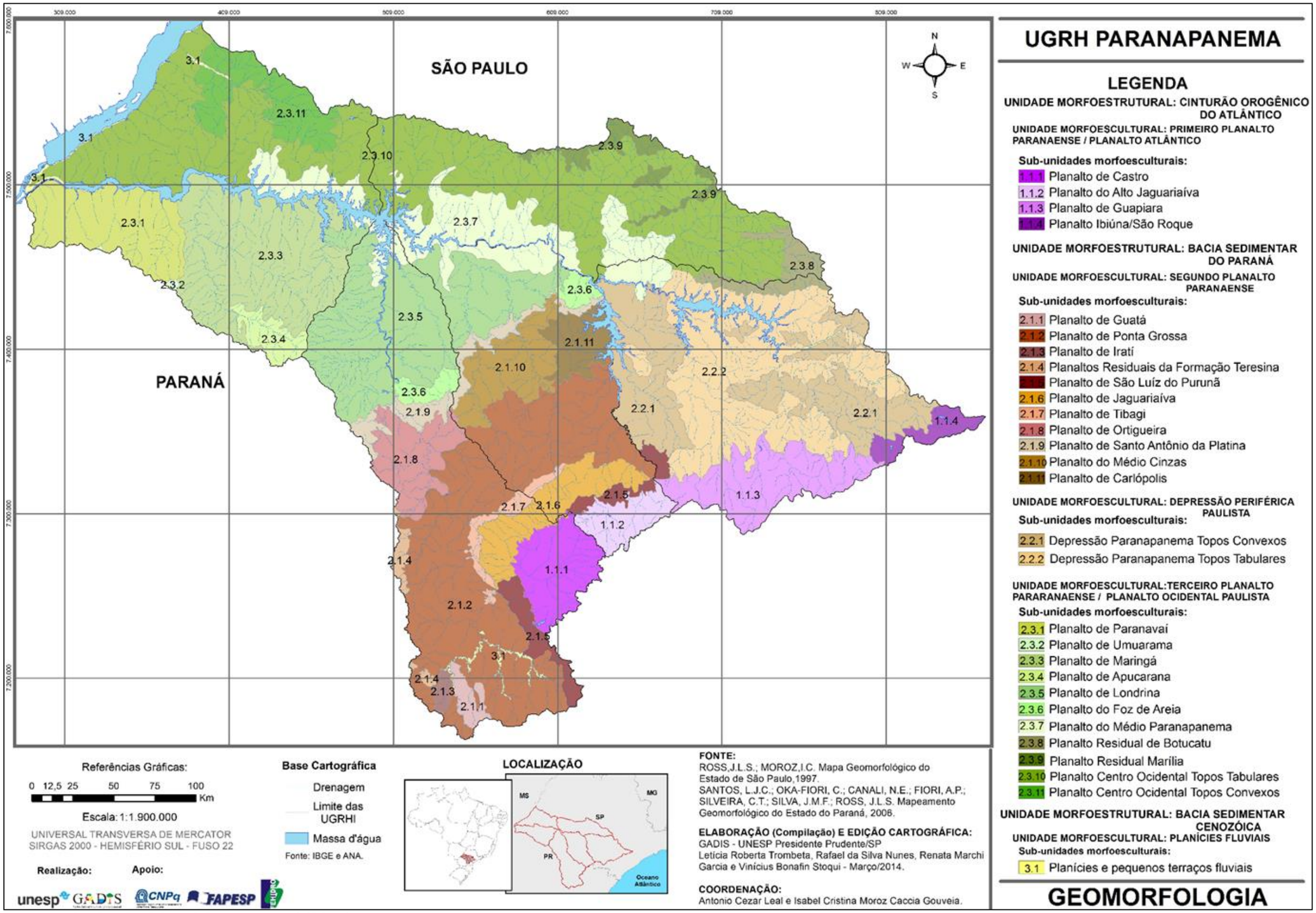
O elevado grau de fragilidade está relacionado à ocorrência de processos erosivos que se somam, em algumas subunidades, à possibilidade de ocorrência de movimentos de massa e queda de blocos em áreas mais íngremes. Especificamente nas planícies e pequenos terraços fluviais, de ocorrência restrita na bacia, a alta fragilidade está associada à ocorrência de inundações periódicas, lençol freático pouco profundo, susceptibilidade à poluição das águas subterrâneas e à acomodação do terreno por se tratar de sedimentos inconsolidados.

O Mapa de Estimativa de Perdas de Solos por erosão laminar (MAPA 05) demonstra que na Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema as taxas estimadas de perdas de solo apresentam-se equilibradas quanto à sua distribuição. As taxas mais baixas ou nulas, da ordem de 0 – 10 ton/ha.ano representam 30% (trinta por cento) da área da bacia. Por outro lado, as maiores perdas, acima de 100 ton/ha.ano atingem 24% (vinte e quatro por cento) deste território.

O Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da Bacia do Rio Paranapanema (MAPA 06) aponta que em 20% (vinte por cento) da sua área há taxa muito alta de retenção de sedimentos, acima de 100 toneladas por hectare. No entanto, as áreas com taxas de retenção baixas ou nulas abrangem 27% (vinte e sete por cento) da área desta bacia hidrográfica.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema, no que se refere à exportação de sedimentos, há predomínio das baixas taxas de exportação (0 a 10 toneladas por hectare), totalizando 58% (cinquenta e oito por cento) do território desta bacia. Na sequência, vem as áreas que exportam sedimentos na ordem de 10 a 20 toneladas por hectare, perfazendo 22% (vinte e dois por cento) da bacia hidrográfica. As altas taxas de exportação, que totalizam em torno de 1% (um por cento), concentram na região central da bacia. (MAPA 07)

Mapa 01 – Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema



Fonte: MOROZ-CACCIA GOUVEIA et al (2014)

Quadro 1. Legenda expandida do Mapa Geomorfológico da UGRH Paranapanema.

UNIDADE MORFOESTRUTURAL CINTURÃO OROGÊNICO DO ATLÂNTICO

UNIDADES MORFOESCULTURAIS Primeiro Planalto Paranaense/Planalto Atlântico

Sub-unidades Morfoesculturais	Formas de Relevo				Litologias dominantes	Solos dominantes
	Modelados dominantes	Altimetrias	Declividades dominantes	Dissecação do relevo		
1.1.1 Planalto de Castro	Morros altos com topos alongados e aplainados	900 a 1300m	< 6% 6 a 30%	Média	Complexo Granítico Cunhaporanga	Latossolos
1.1.2 Planalto do Alto Jaguariaíva	Morros altos a médios com topos alongados	800 a 1300m	< 6% 6 a 30%	Alta	Complexo Granítico Cunhaporanga	Argissolos
1.1.3 Planalto de Guapiara	Morros médios com topos suavemente convexizados	700 a 800m	20 a 30%	Média a Alta	Granitos (Suites Graníticas Sintectônicas), Filitos e Calcários (Grupo Açungui)	Argissolos
1.1.4 Planalto Ibiúna/São Roque	Morros altos com topos alongados aguçados e convexizados	800 a 1100m	20 a 30% e > 30%	Média a Alta	Granitos (Suites Graníticas Sintectônicas), Gnaisses e Migmatitos (Grupo São Roque)	Argissolos e Latossolos

UNIDADE MORFOESTRUTURAL BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ

UNIDADES MORFOESCULTURAIS Segundo Planalto Paranaense/ Depressão Periférica Paulista

Sub-unidades Morfoesculturais	Formas de Relevo				Litologias dominantes	Solos dominantes
	Modelados dominantes	Altimetrias	Declividades dominantes	Dissecação do relevo		
2.1.1 Planalto de Guatá	Colinas com topos alongados	800 a 1000m	< 6% e 6 a 12%	Alta	Arenitos, tilitos, siltitos. Folhelhos, ritmitos e conglomerados (Grupo Itararé Indivisos)	Cambissolos
2.1.2 Planalto de Ponta Grossa	Colinas e morrotes com topos alongados	500 a 1000m	< 6% e 6 a 30%	Média	Arenitos, tilitos, siltitos. Folhelhos, ritmitos e conglomerados (Grupo Itararé Indivisos)	Cambissolos
2.1.3 Planalto de Irati	Colinas e morrotes com topos alongados e isolados	750 a 900m	< 6% e 6 a 30%	Média	Folhelhos, argilitos, siltitos e arenitos finos. Presença restrita de lentes de calcários oolíticos e sílex (Formação Teresina)	Argissolos
2.1.4 Planaltos Residuais da Formação Teresina	Colinas com topos aplainados	550 a 1100m	< 6% e 6 a 30%	Baixa	Folhelhos, argilitos, siltitos e arenitos finos. Presença restrita de lentes de calcários oolíticos e sílex (Formação Teresina)	Argissolos
2.1.5 Planalto de São Luiz do Purunã	Colinas com topos aplainados	750 a 1300m	< 6% e 6 a 12%	Baixa	Arenitos de granulação grossa e conglomerados (Formação Furnas)	Cambissolos
2.1.6 Planalto de Jaguariaíva	Colinas e morros com topos alongados	600 a 1200m	< 6% e 6 a 12%	Alta	Arenitos de granulação grossa e conglomerados (Formação Furnas)	Latossolos
2.1.7 Planalto do Tibagi	Colinas com topos aplainados	600 a 1000m	< 6% e 6 a 12%	Média	Siltitos e folhelhos (Formação Ponta Grossa)	Latossolos
2.1.8 Planalto de Ortigueira	Colinas e morrotes com topos alongados	400 a 1100m	< 6% e 6 a 30%	Alta	Folhelhos, argilitos, siltitos e arenitos finos. Presença restrita de lentes de calcários oolíticos e sílex (Formação Teresina)	Neossolos
2.1.9 Planalto de Santo Antônio da Platina	Morrotes com topos isolados	400 a 1200m	6 a 12%	Alta	Arenitos finos, argilitos e siltitos (Formação Rio do Rasto)	Neossolos
2.1.10 Planalto do Médio Cinzas	Colinas com topos aplainados	450 a 700m	< 6% e 6 a 12%	Baixa	Folhelhos, argilitos, siltitos e arenitos finos. Presença restrita de lentes de calcários oolíticos e sílex (Formação Teresina)	Argissolos
2.1.11 Planalto de Carlópolis	Colinas com topos aplainados	500 a 800m	< 6% e 6 a 12%	Média	Arenitos finos, argilitos e siltitos (Formação Rio do Rasto)	Argissolos
2.2.1 Depressão Paranapanema Topos convexos	Colinas com topos convexos	600 a 800m	12 a 20%	Média	Arenitos, conglomerados, siltitos tilitos, folhelhos (Formação Itararé), e arenitos finos a médios (Formação Pirambóia e Formação Botucatu)	Argissolos e Neossolos Quartzarênicos
2.2.2 Depressão Paranapanema Topos tabulares	Colinas com topos aplainados	600 a 700 m.	< 6% e 6 a 12%	Baixa	Arenitos, conglomerados, siltitos tilitos, folhelhos (Formação Itararé), e arenitos finos a médios (Formação Pirambóia e Formação Botucatu)	Latossolos e Argissolos

UNIDADE MORFOESTRUTURAL BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ

UNIDADES MORFOESCULTURAL Terceiro Planalto Paranaense/ Planalto Ocidental Paulista

Sub-unidades Morfoesculturais	Formas de Relevo				Litologias dominantes	Solos dominantes
	Modelados dominantes	Altimetrias	Declividades dominantes	Dissecação do Relevo		
2.3.1 Planalto de Paranavaí	Colinas com topos aplainados	250 a 550m	< 6% e 6 a 12%	Baixa	Arenitos finos a médios (Formação Caiuá)	Latossolos
2.3.2 Planalto de Umuarama	Colinas com topos alongados e aplainados	250 a 650 m	< 6% e 6 a 12%	Média	Arenitos finos a médios Formação Caiuá	Argissolos
2.3.3 Planalto de Maringá	Colinas com topos alongados e aplainados	250 a 800 m	< 6% e 6 a 12%	Baixa	Basaltos intercalados por arenitos intertrapeanos finos a médios (Formação Serra Geral)	Latossolos
2.3.4 Planalto de Apucarana	Colinas e morrotes com topos alongados	300 a 900 m	< 6% e 6 a 12%	Alta	Basaltos intercalados por arenitos intertrapeanos finos a médios (Formação Serra Geral)	Nitossolos
2.3.5 Planalto de Londrina	Colinas e morrotes com topos alongados	350 a 1100 m	< 6% e 6 a 12%	Média	Basaltos intercalados por arenitos intertrapeanos finos a médios (Formação Serra Geral)	Nitossolos
2.3.6 Planalto do Foz de Areia	Colinas e morrotes com topos alongados	400 a 1300 m	< 6% e 12 a 30%	Alta	Basaltos intercalados por arenitos intertrapeanos finos a médios (Formação Serra Geral)	Neossolos
2.3.7 Planalto do Médio Paranapanema	Colinas com topos aplainados	350 a 600 m.	< 6%	Baixa	Basaltos intercalados por arenitos intertrapeanos finos a médios (Formação Serra Geral)	Latossolos e Nitossolos
2.3.8 Planalto Residual de Botucatu	Colinas com topos amplos suavemente convexizados ou aplainados	600 a 900m.	12 a 20%	Média	Basaltos intercalados por arenitos intertrapeanos finos a médios (Formação Serra Geral) e Arenitos de granulação fina a grossa com nódulos carbonáticos (Formação Marília)	Latossolos e Nitossolos
2.3.9 Planalto Residual de Marília	Colinas com topos amplos suavemente convexizados ou aplainados	500 a 600 m.	12 a 20%	Média	Arenitos de granulação fina a grossa com nódulos carbonáticos (Formação Marília)	Argissolos e Neossolos
2.3.10 Planalto Centro Ocidental Topos Tabulares	Colinas amplas com topos aplainados	400 a 500 m	< 6% 6 a 12 %	Baixa	Arenitos finos a muito finos (Formação Vale do Rio do Peixe)	Argissolos e Latossolos
2.3.11 Planalto Centro Ocidental Topos Convexos	Colinas amplas com topos convexos	350 a 550 m	6 a 12 %	Média	Arenitos finos a muito finos (Formação Presidente Prudente)	Argissolos

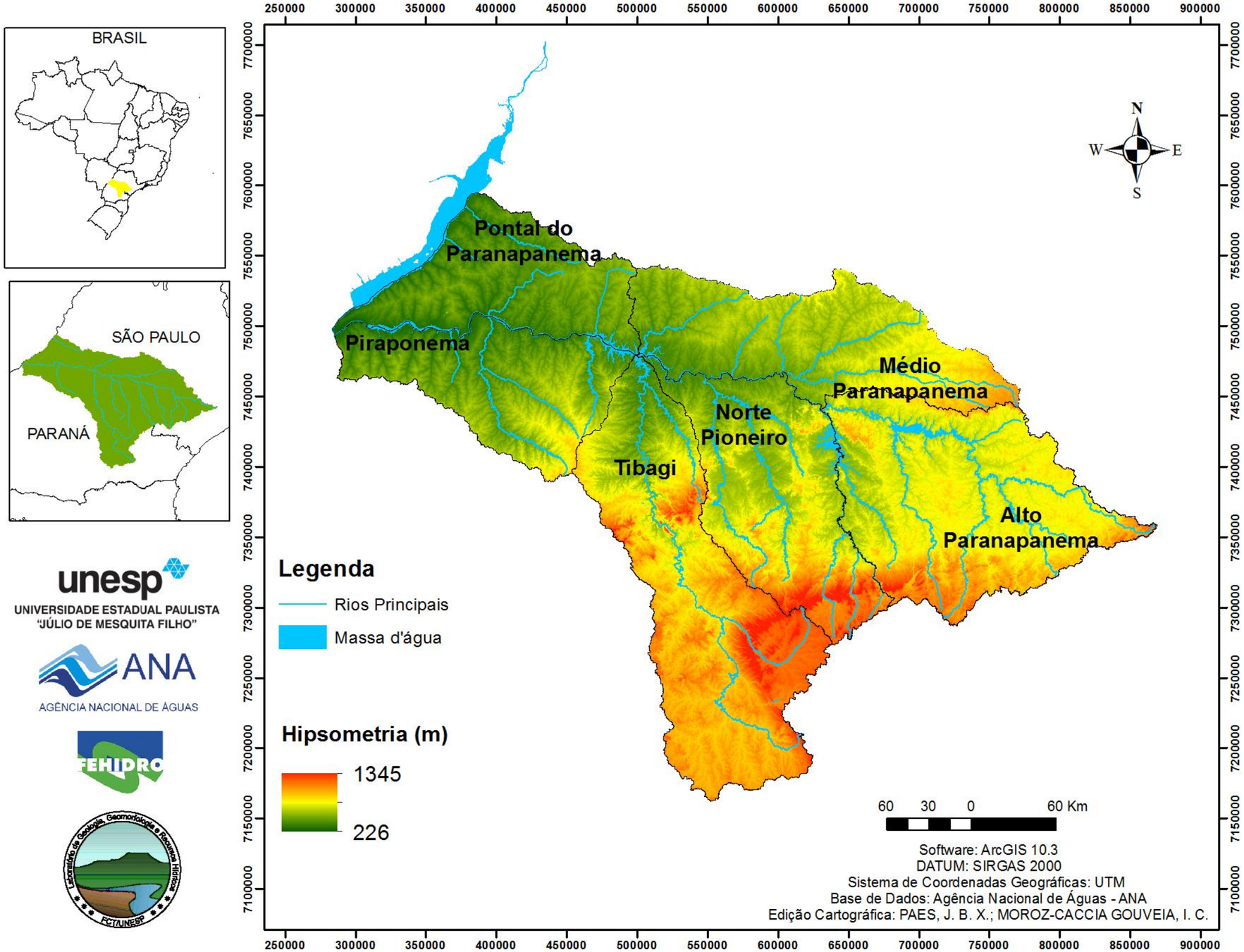
UNIDADE MORFOESTRUTURAL BACIA SEDIMENTAR CENOZÓICA

UNIDADE MORFOESCULTURAL Planícies Fluviais

	Formas de Relevo	Declividades dominantes	Litologias dominantes	Solos dominantes
3.1 – Planícies Fluviais	Planícies de inundação e pequenos terraços fluviais	< 2%	Areias, cascalhos, siltes e argilas (Depósitos aluvionares Quaternários)	Organossolos e Neosolos flúvicos

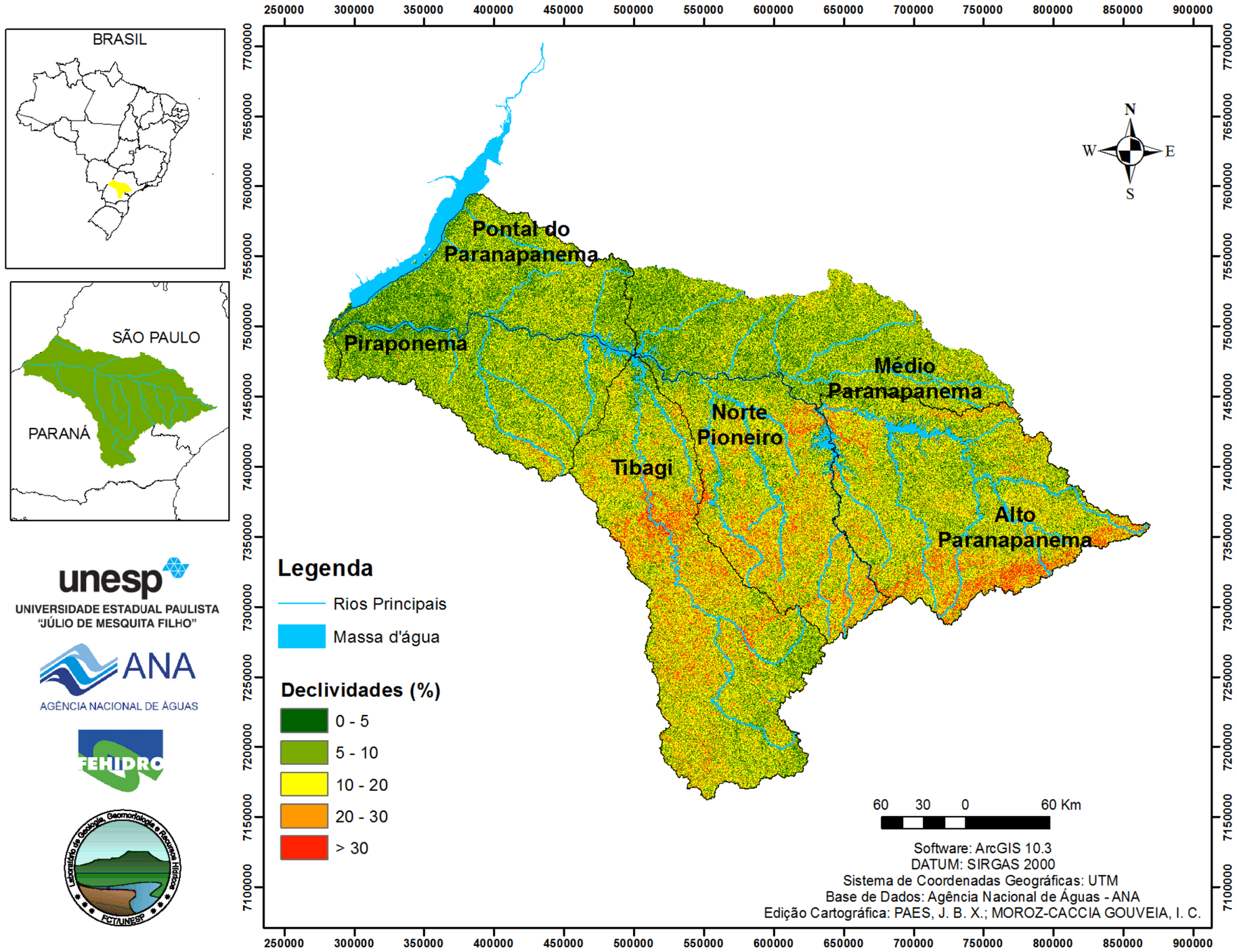
Fonte: Ross & Moroz (1997); Santos et all (2006), IPT (1981) e Mineropar (2001) in Moroz-Caccia Gouveia et al. (2014)

Mapa 02 – Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema



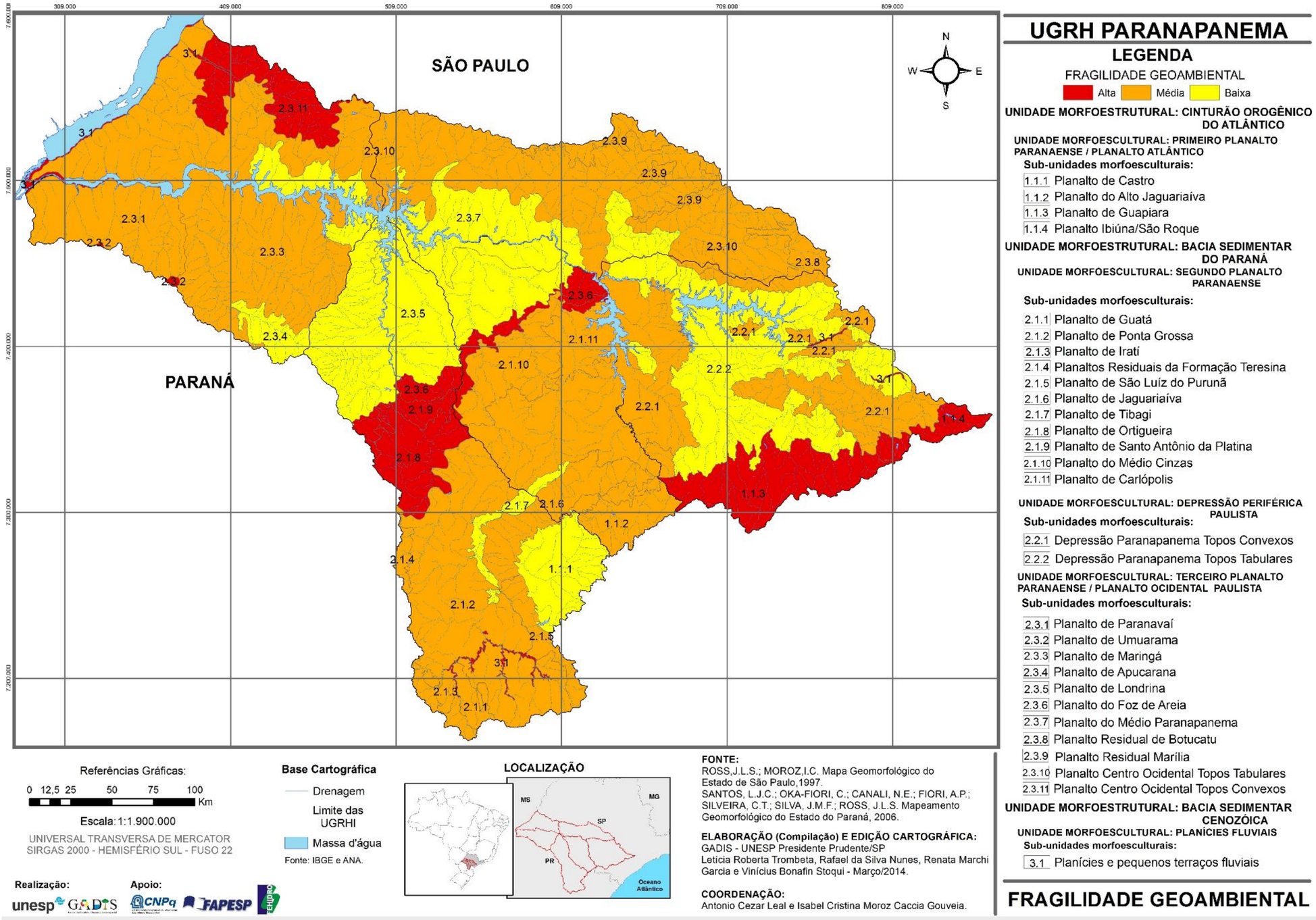
Elaborado por Moroz-Caccia Gouveia (2018)

Mapa 03 – Mapa Clinográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema



Elaborado por Moroz-Caccia Gouveia (2018)

Mapa 04 – Mapa Fragilidade Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema



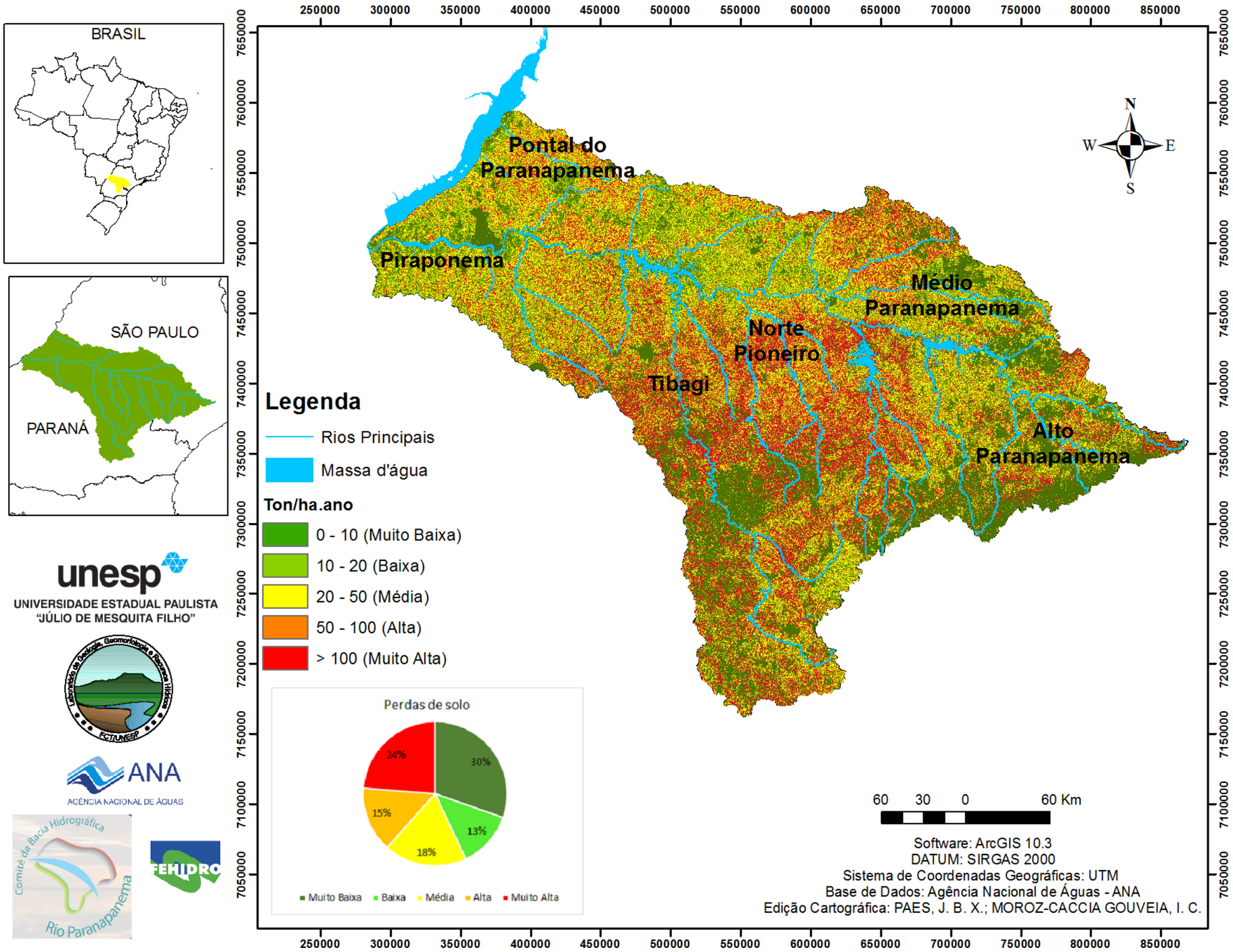
Fonte: Ross e Moroz (1997); Oka-Fiori *et al.* (2007) e Santos *et al.* (2007) in Moroz-Caccia Gouveia et al. (2014)

Quadro 2. Fragilidade Geoambiental da UGRH Paranapanema

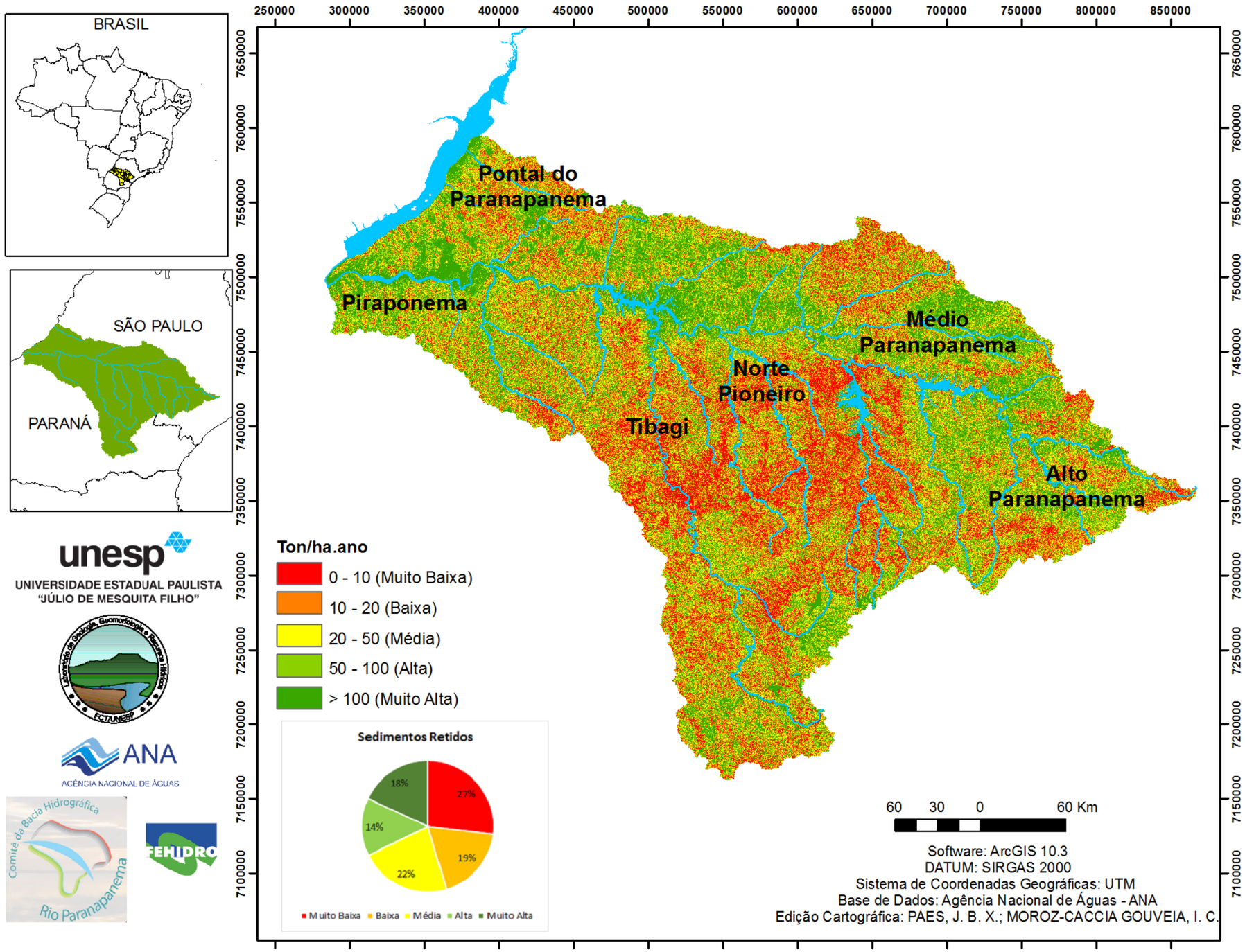
UNIDADE MORFOESTRUTURAL CINTURÃO OROGÊNICO DO ATLÂNTICO		
Unidades Morfoesculturais: Primeiro Planalto Paranaense /Planalto Atlântico		
Unidade Geomorfológica	**Fragilidade**	**Característica**
1.1.1 Planalto de Castro	Baixa	Baixa fragilidade face aos processos erosivos. Possibilidade de recalques em fundações e edificações
1.1.2 Planalto do Alto Jaguariaíva	Média	Moderada fragilidade aos processos erosivos.
1.1.3 Planalto de Guapiara	Alta	Área sujeita a processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência e movimentos de massa e erosão linear com voçorocas
1.1.4 Planalto de Ibiúna/São Roque	Alta	Área sujeita a processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência e movimentos de massa e erosão linear com voçorocas
UNIDADE MORFOESTRUTURAL BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ		
Unidades Morfoesculturais: Segundo Planalto Paranaense/Depressão Periférica Paulista		
Unidade Geomorfológica	**Fragilidade**	**Característica**
2.1.1 Planalto de Guatá	Média	Moderada fragilidade face aos processos erosivos.
2.1.2 Planalto de Ponta Grossa	Média	Moderada fragilidade face aos processos erosivos.
2.1.3 Planalto de Irati	Média	Moderada fragilidade face aos processos erosivos.
2.1.4 Planaltos Residuais da Formação Teresina	Média	Moderada fragilidade face aos processos erosivos.
2.1.5 Planalto de São Luiz do Purunã	Média	Moderada fragilidade face aos processos erosivos.
2.1.6 Planalto de Jaguariaíva	Média	Moderada fragilidade face aos processos erosivos, mas com possibilidade de queda de blocos nos setores mais íngremes de vertentes.
2.1.7 Planalto de Tibagi	Baixa	Baixa fragilidade face aos processos erosivos.
2.1.8 Planalto de Ortigueira	Alta	Alta fragilidade aos processos erosivos, com possibilidade de ocorrência de movimentos de massa e queda de blocos.
2.1.9 Planalto de Santo Antônio da Platina	Alta	Alta fragilidade aos processos erosivos, com possibilidade de ocorrência de movimentos de massa e queda de blocos.
2.1.10 Planalto do Médio Cinzas	Média	Moderada fragilidade face aos processos erosivos.
2.1.11 Planalto de Carlópolis	Média	Moderada fragilidade face aos processos erosivos, ocorrência de movimentos de massa e queda de blocos.
2.2.1 Depressão do Paranapanema Topos convexos	Média	Moderada fragilidade face aos processos erosivos.
2.2.2 Depressão do Paranapanema Topos tabulares	Baixa	Baixa fragilidade face aos processos erosivos.
Unidades Morfoesculturais: Terceiro Planalto Paranaense/ Planalto Ocidental Paulista		
Unidade Geomorfológica	**Fragilidade**	**Característica**
2.3.1 Planalto de Paranavaí	Média	Moderada fragilidade face aos processos erosivos.
2.3.2 Planalto de Umuarama	Alta	Alta fragilidade aos processos erosivos
2.3.3 Planalto de Maringá	Média	Moderada fragilidade face aos processos erosivos.
2.3.4 Planalto de Apucarana	Baixa	Baixa fragilidade face aos processos erosivos.
2.3.5 Planalto de Londrina	Baixa	Baixa fragilidade face aos processos erosivos.
2.3.6 Planalto do Foz de Areia	Alta	Alta fragilidade aos processos erosivos
2.3.7 Planalto do Médio Paranapanema	Baixa	Baixa fragilidade face aos processos erosivos.
2.3.8 Planalto Residual de Botucatu	Média	Baixa fragilidade aos processos erosivos nos topos, mas Alta nos setores mais inclinados das vertentes.
2.3.9 Planalto Residual de Marília	Média	Baixa fragilidade aos processos erosivos nos topos, mas Alta nos setores mais inclinados das vertentes.
2.3.10 Planalto Centro Ocidental Topos Tabulares	Média	Fragilidade Média a processos erosivos nos setores aplainados dos topos, entretanto, face às características texturais dos solos, os setores de vertentes mais inclinados são bastante suscetíveis à erosão linear.
2.3.11 Planalto Centro Ocidental Topos Convexos	Alta	Fragilidade Média a processos erosivos nos setores aplainados dos topos, entretanto, face às características texturais dos solos, os setores de vertentes mais inclinados são extremamente suscetíveis à erosão linear.
UNIDADE MORFOESTRUTURAL BACIAS SEDIMENTARES CENOZÓICAS		
Unidade Morfoescultural/ Unidade Geomorfológica	**Fragilidade**	**Característica**
3.1 Planícies Fluviais	Alta	Áreas sujeitas a inundações periódicas. Lençol freático pouco profundo. Alta susceptibilidade à poluição das águas subterrâneas. Por constituírem-se em sedimentos inconsolidados são áreas sujeitas à acomodações.

Fonte: Ross e Moroz (1997); Oka-Fiori *et al.* (2007) e Santos *et al.* (2007) in Moroz-Caccia Gouveia et al. (2014)

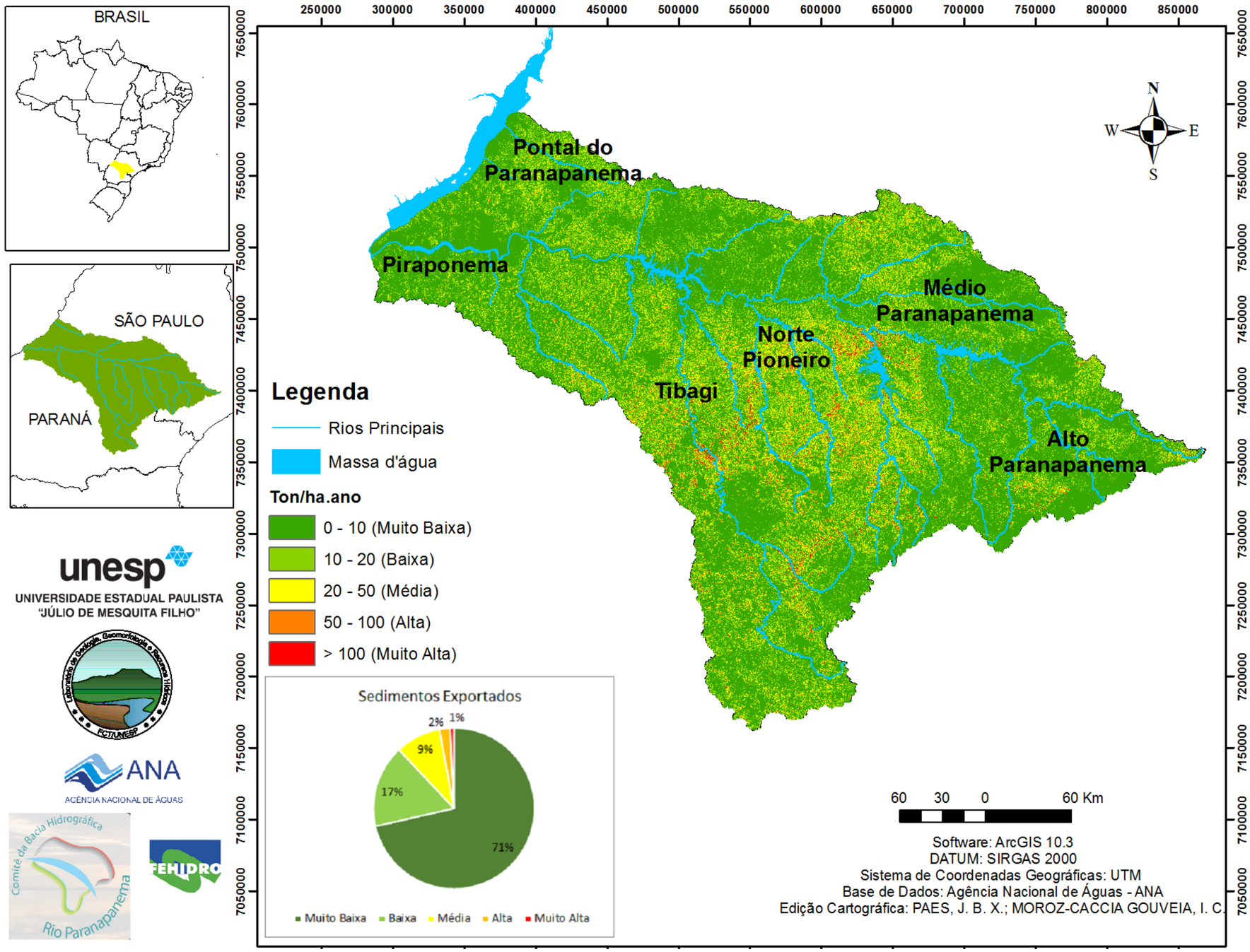
Mapa 05 – Mapa de Estimativa de Perdas de Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema (Erosão laminar)



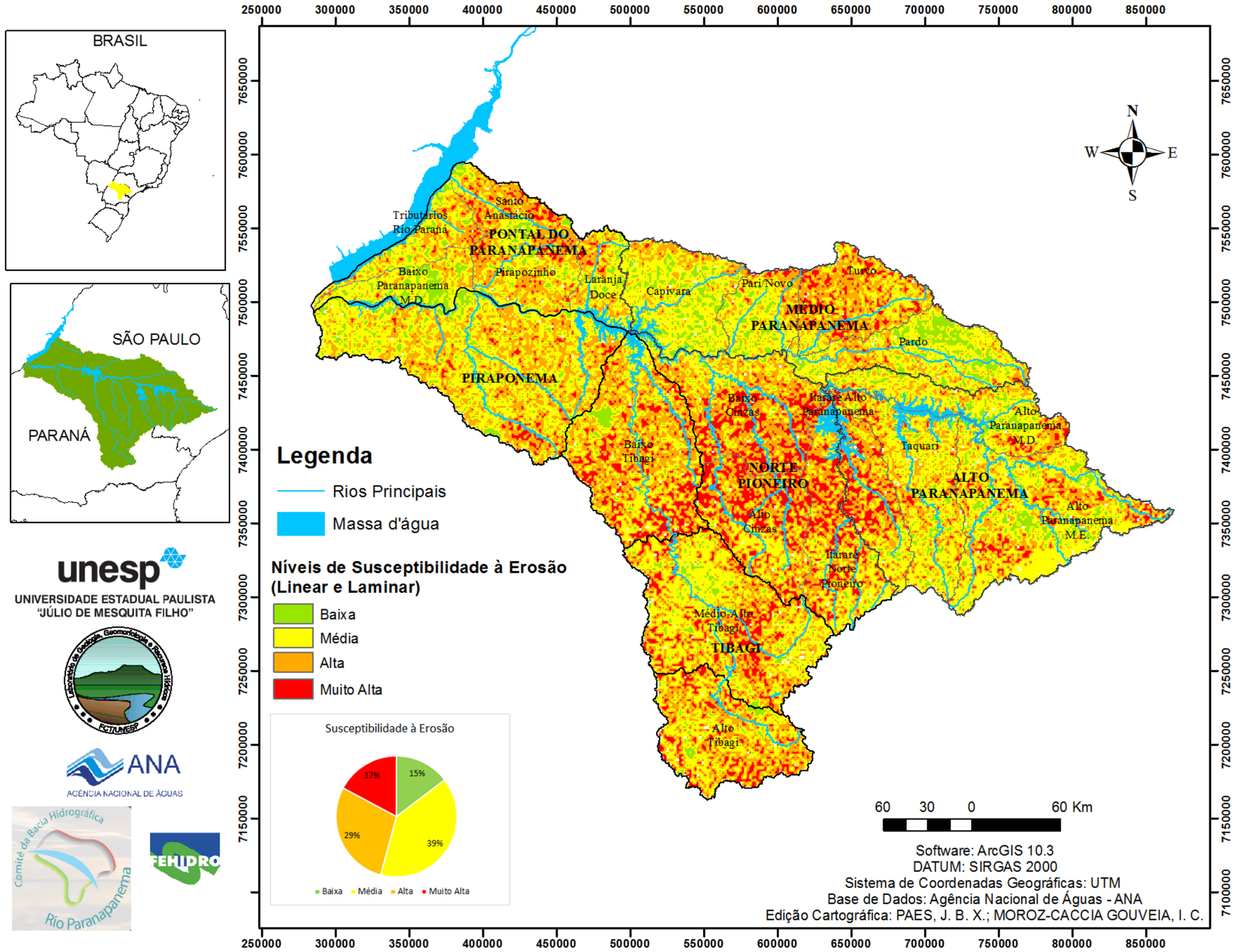
Mapa 06 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema



Mapa 07 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema

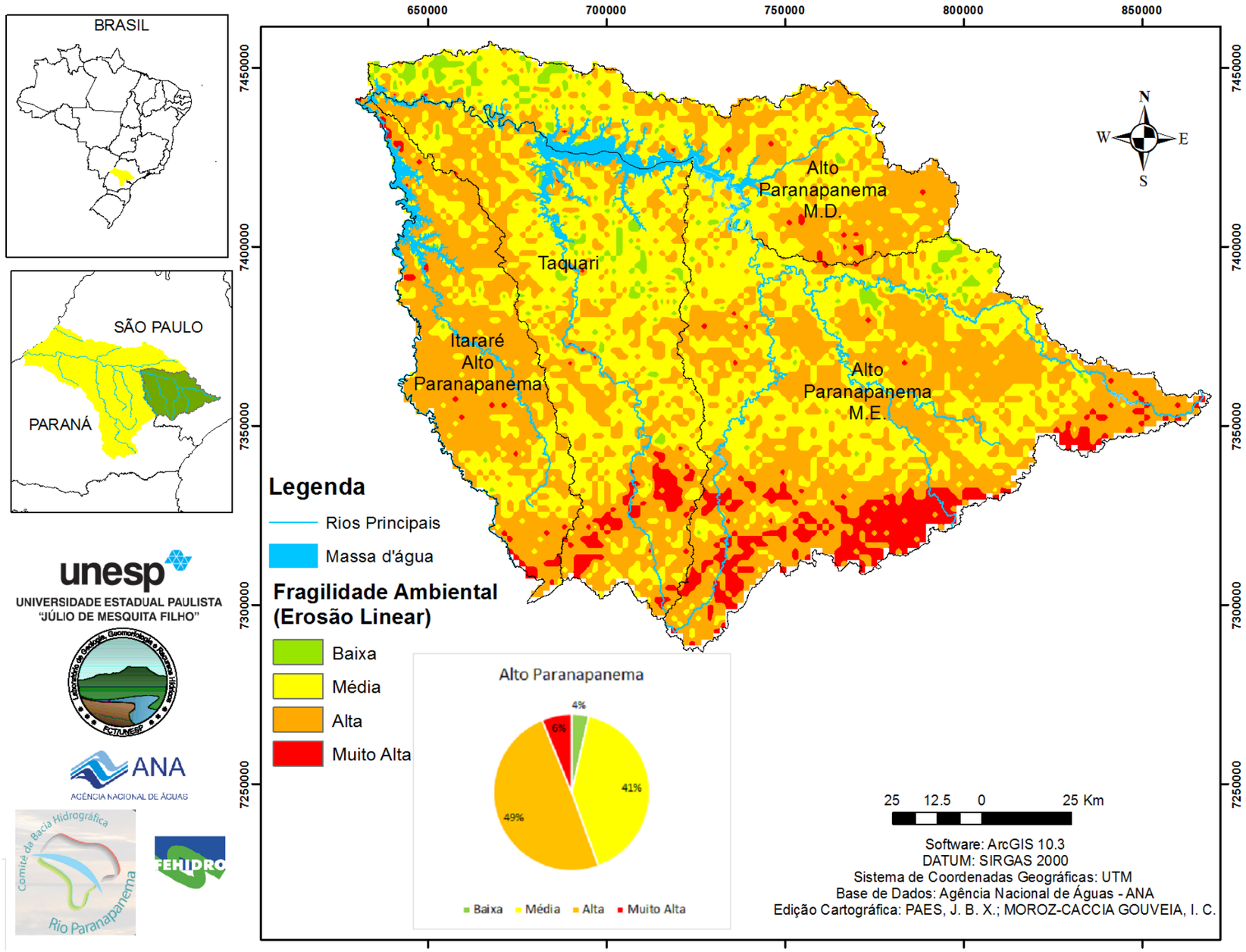


Mapa 08 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar)

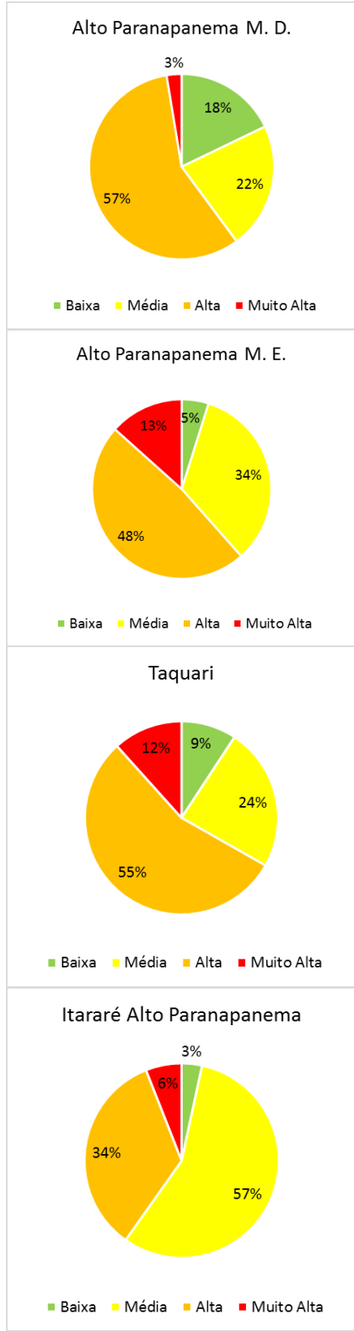


UGH ALTO PARANAPANEMA

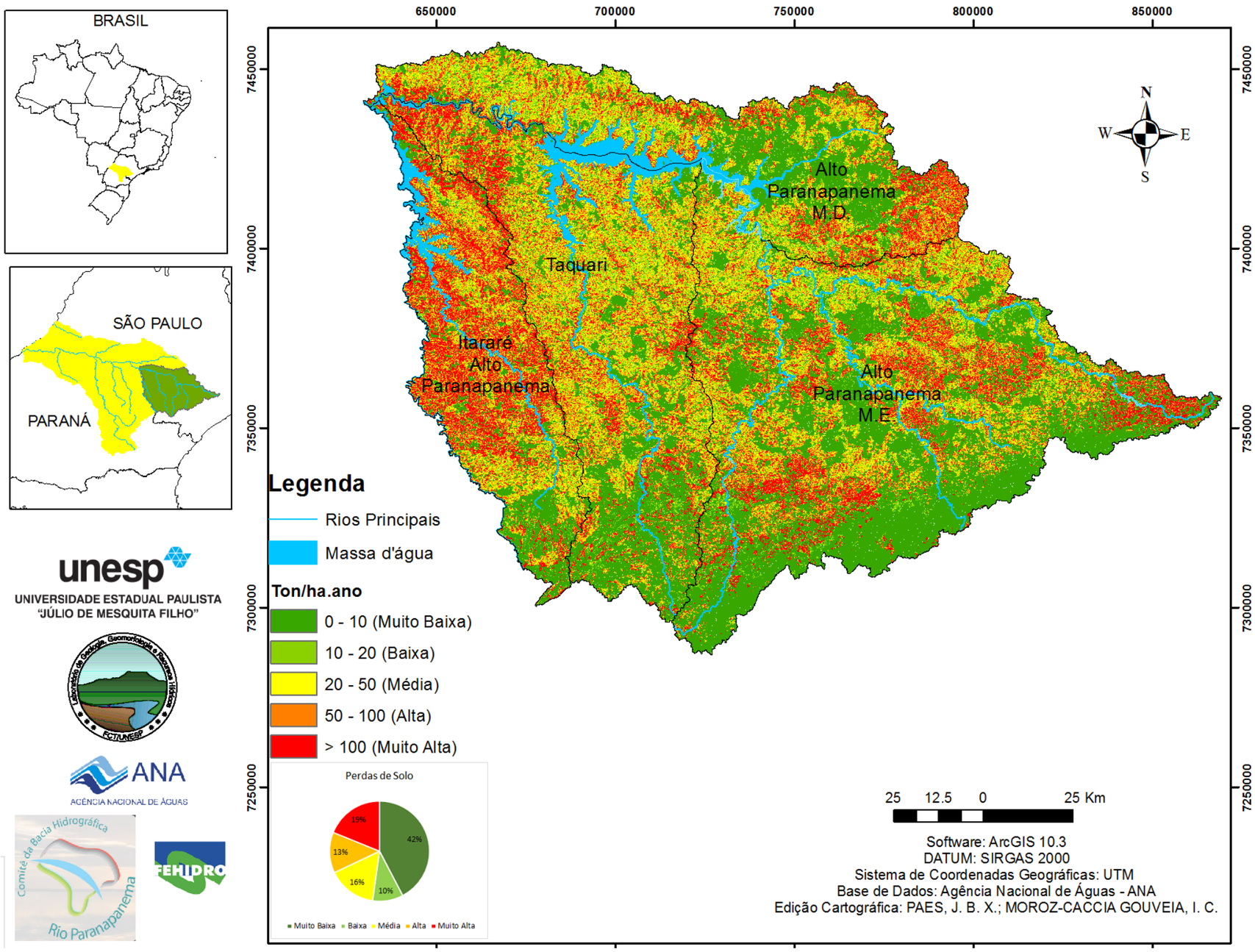
Mapa 09 - Mapa de Fragilidade Ambiental da UGH Alto Paranapanema (Erosão Linear)



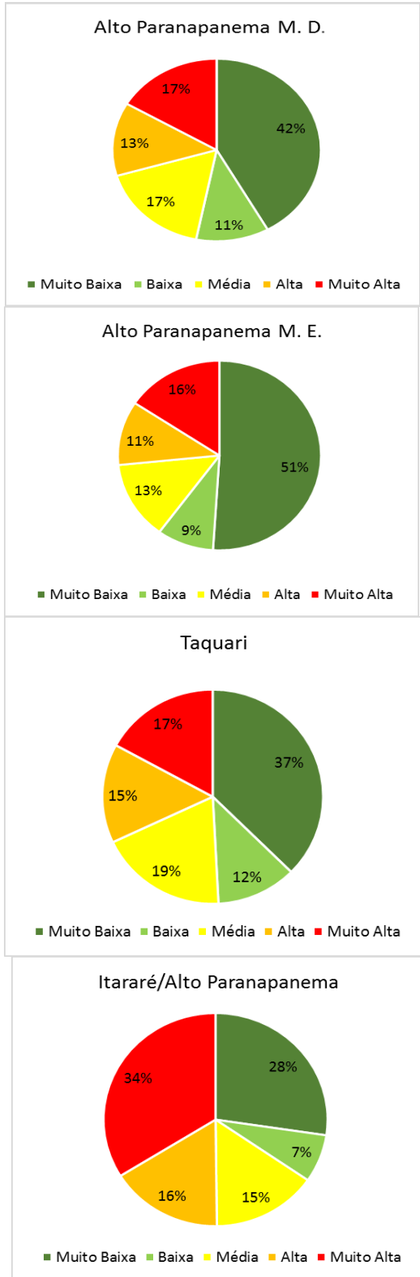
UPHs



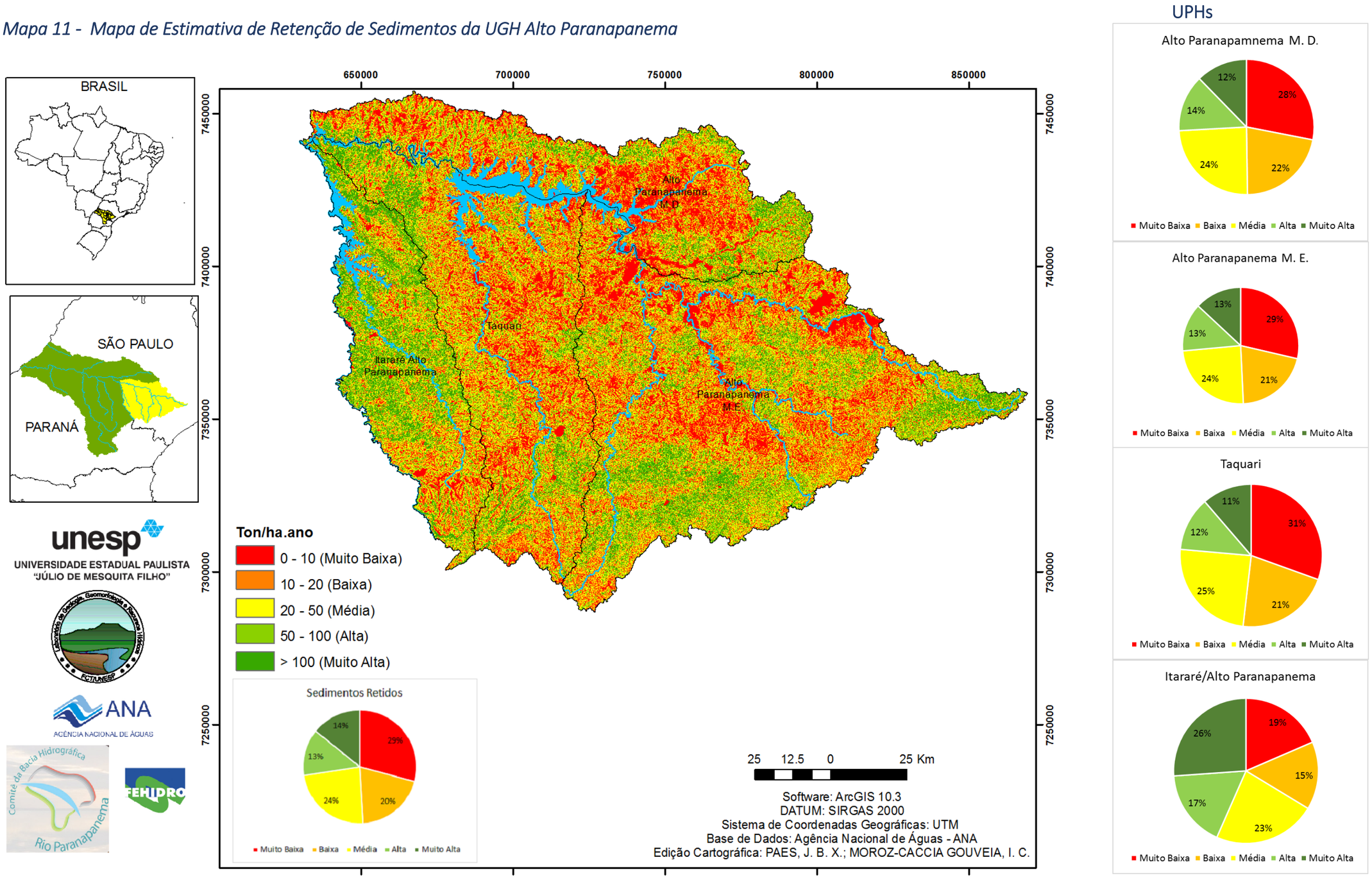
Mapa 10 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solo da UGH Alto Paranapanema (Erosão Laminar)



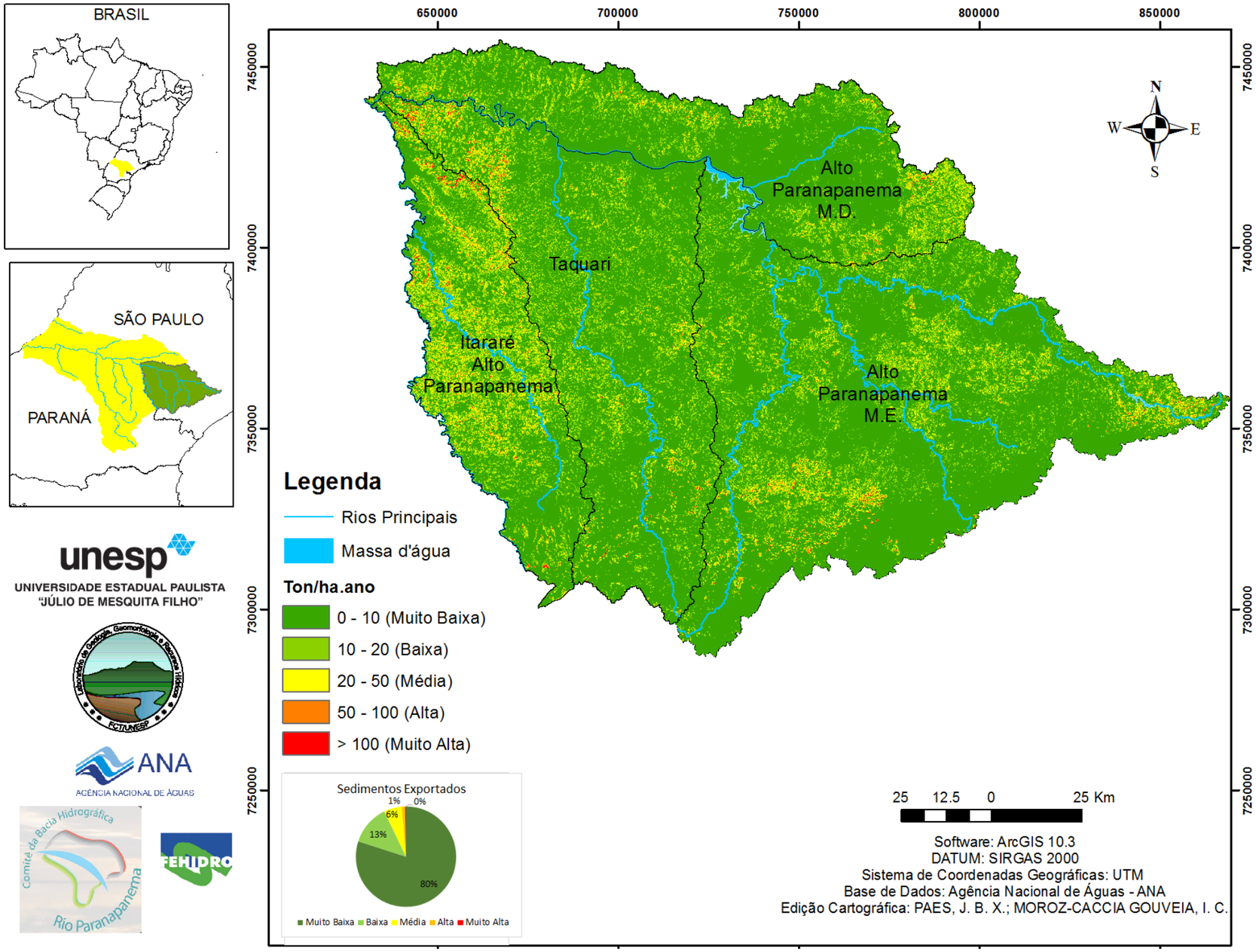
UPHs



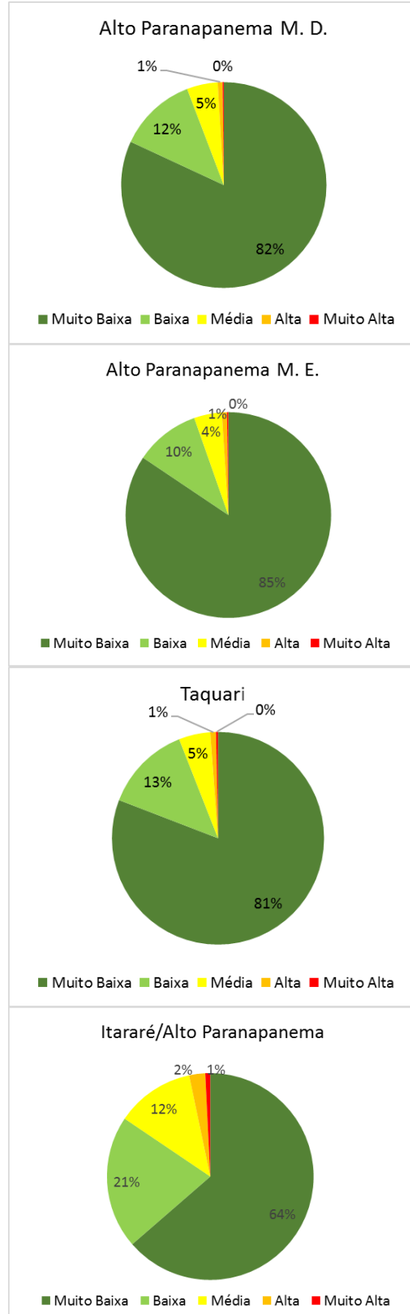
Mapa 11 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da UGH Alto Paranapanema



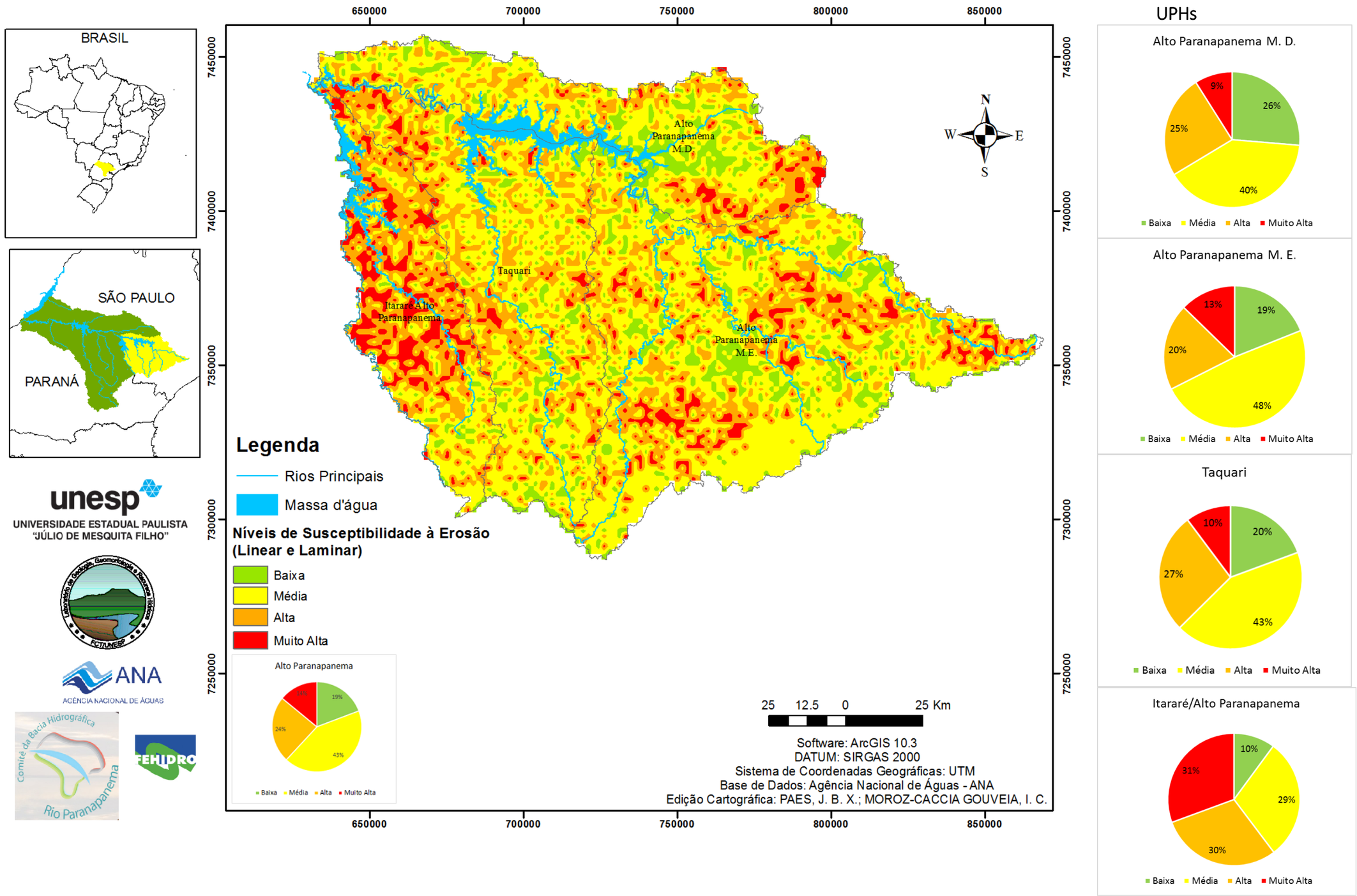
Mapa 12 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da UGH Alto Paranapanema



UPHs

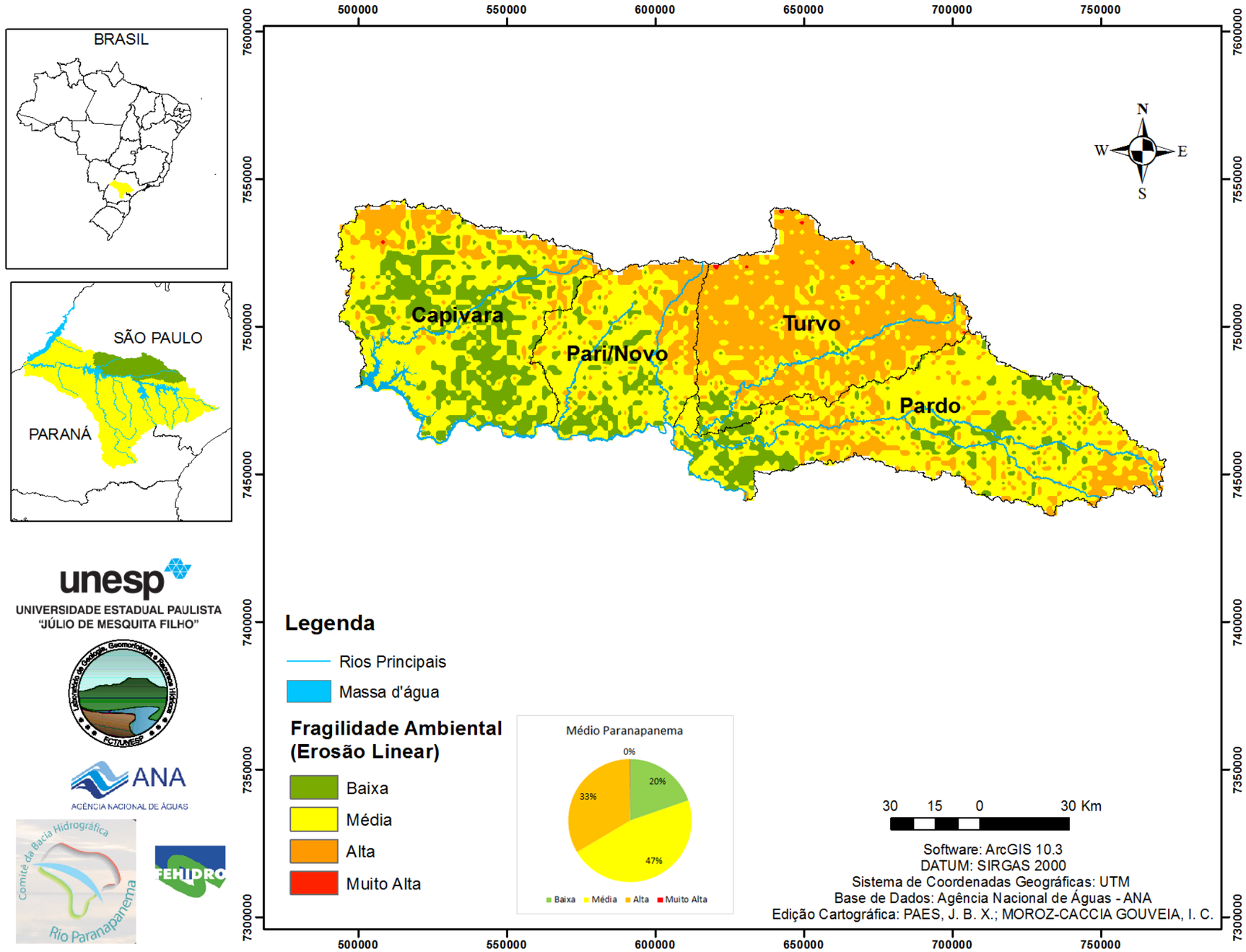


Mapa 13 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) da UGH Alto Paranapanema

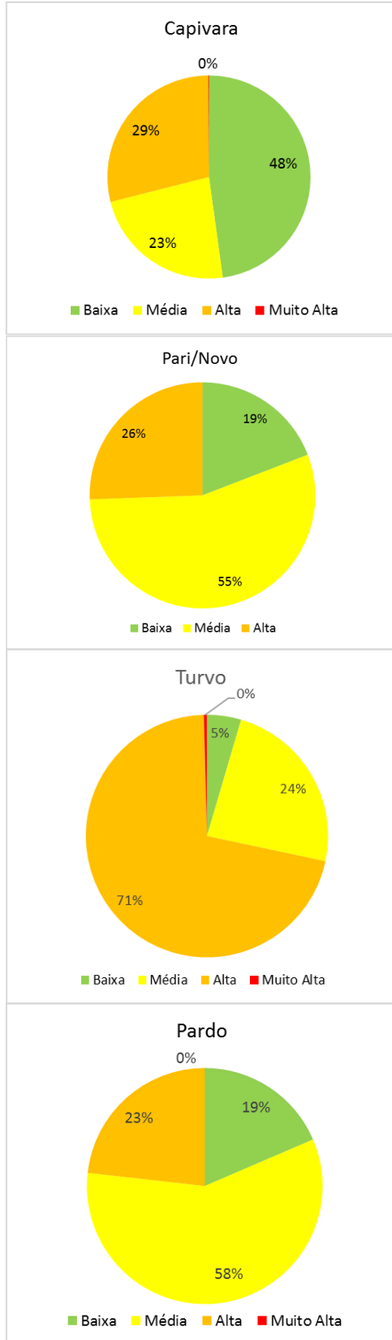


UGH MÉDIO PARANAPANEMA

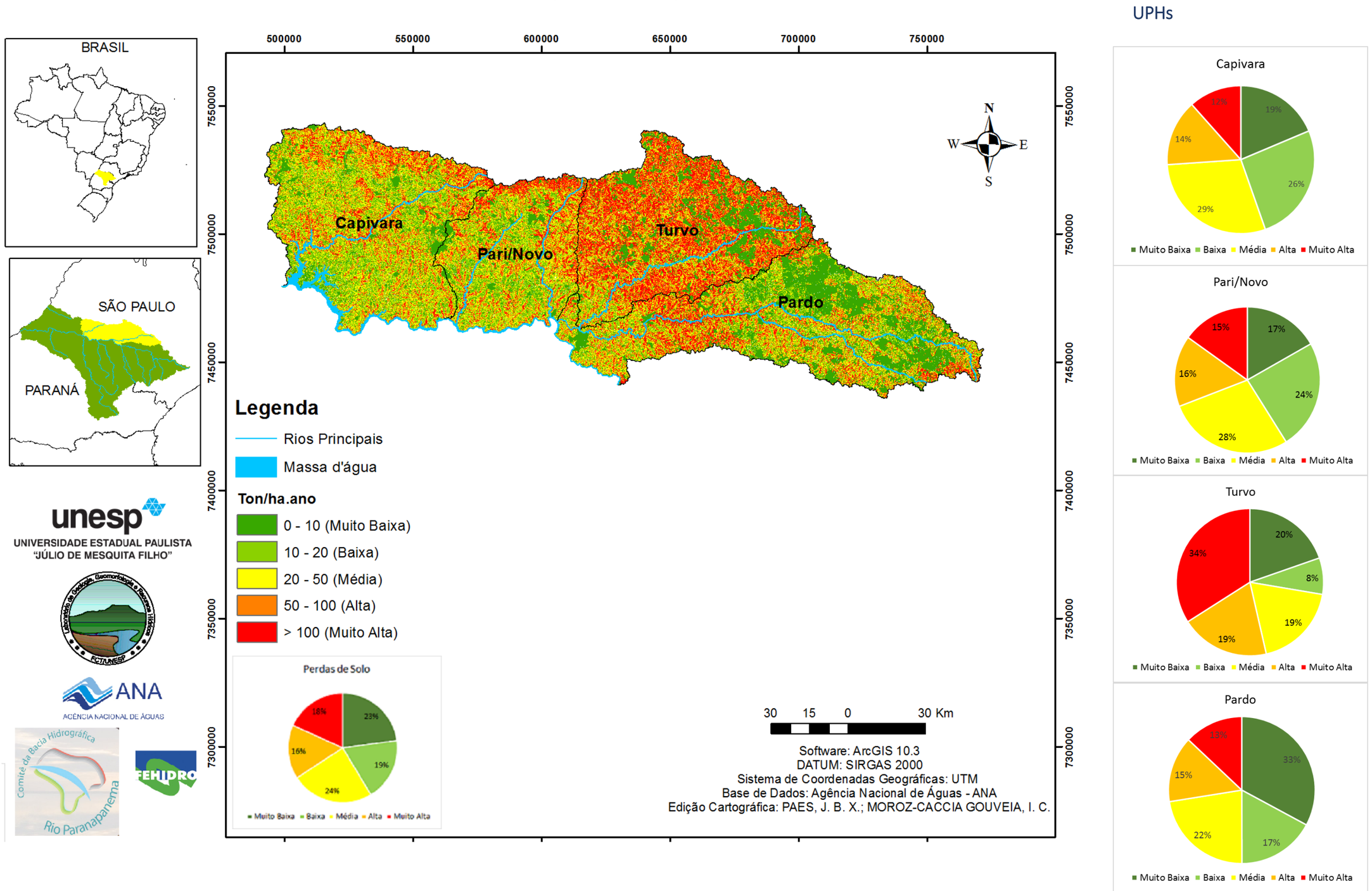
Mapa 14 - Mapa de Fragilidade Ambiental da UGH Médio Paranapanema (Erosão Linear)



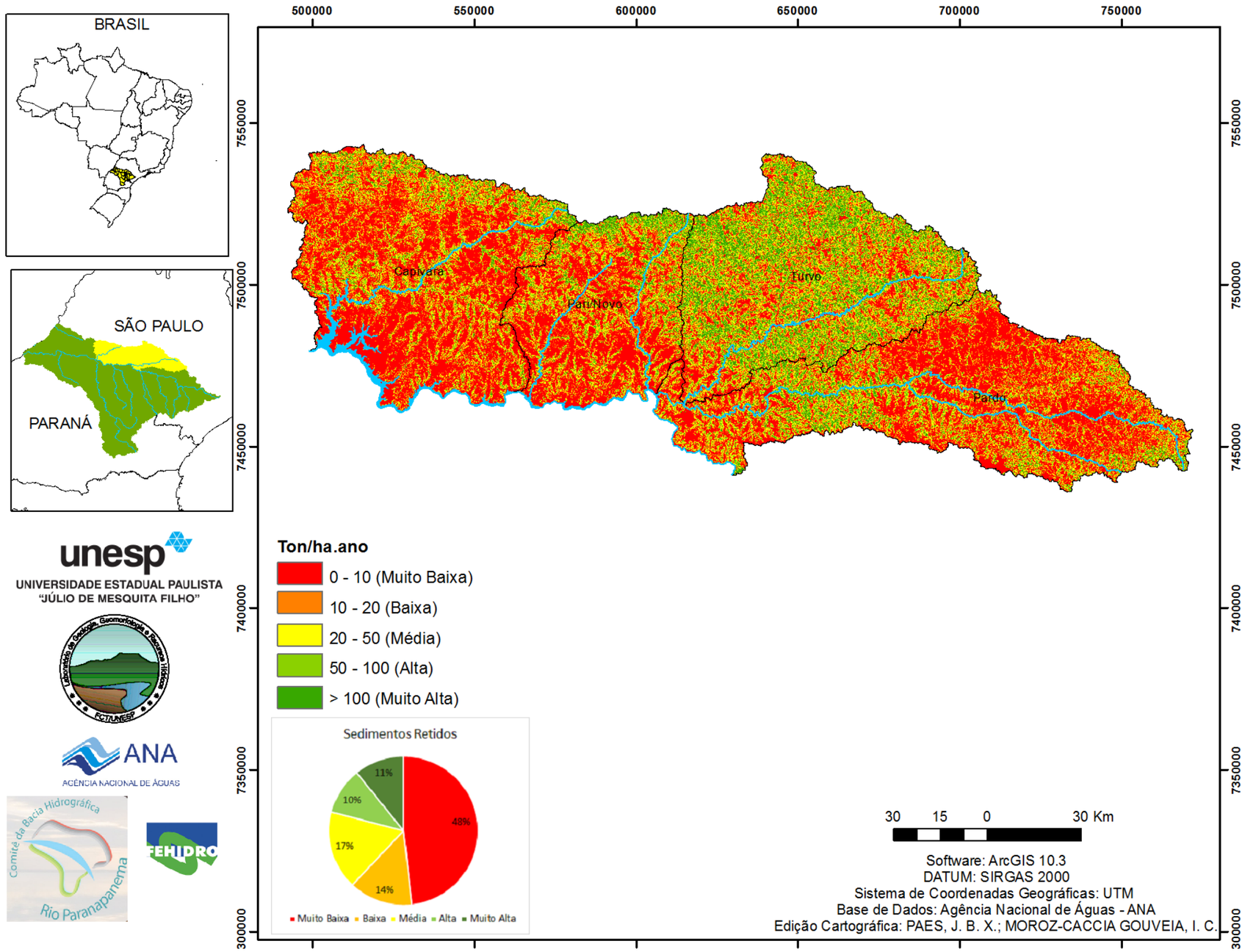
UPHs



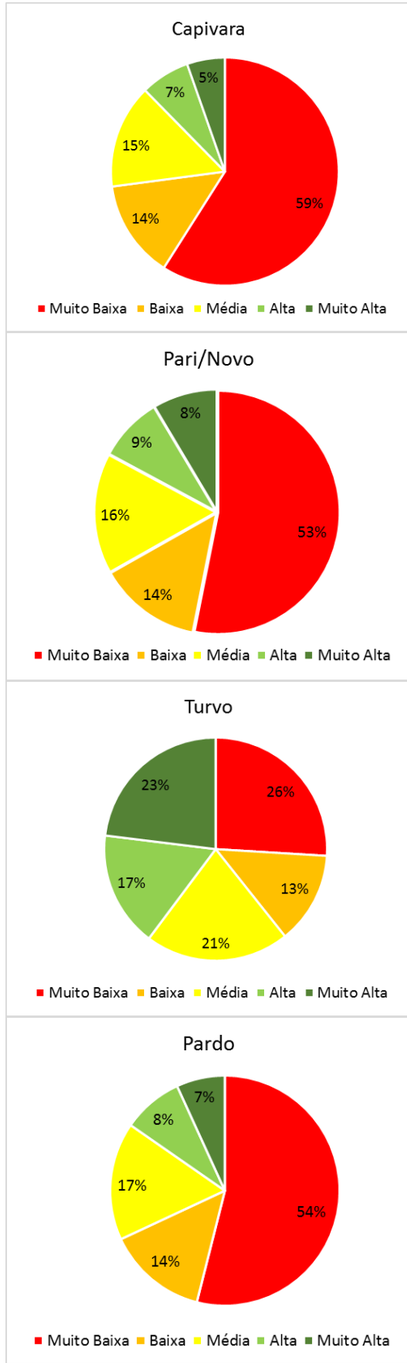
Mapa 15 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solo da UGH Médio Paranapanema (Erosão Laminar)



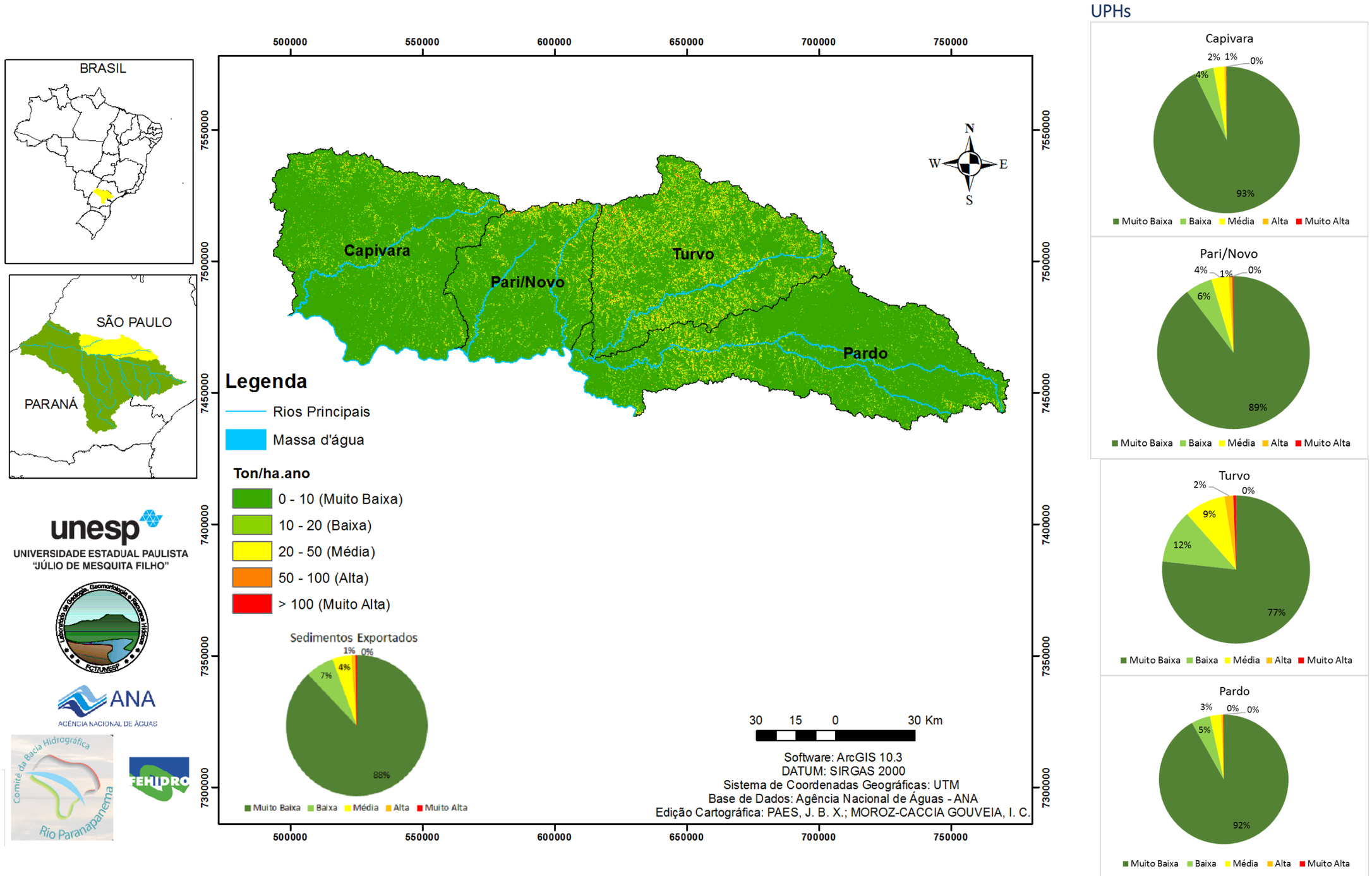
Mapa 16 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da UGH Médio Paranapanema (Erosão Laminar)



UPHs

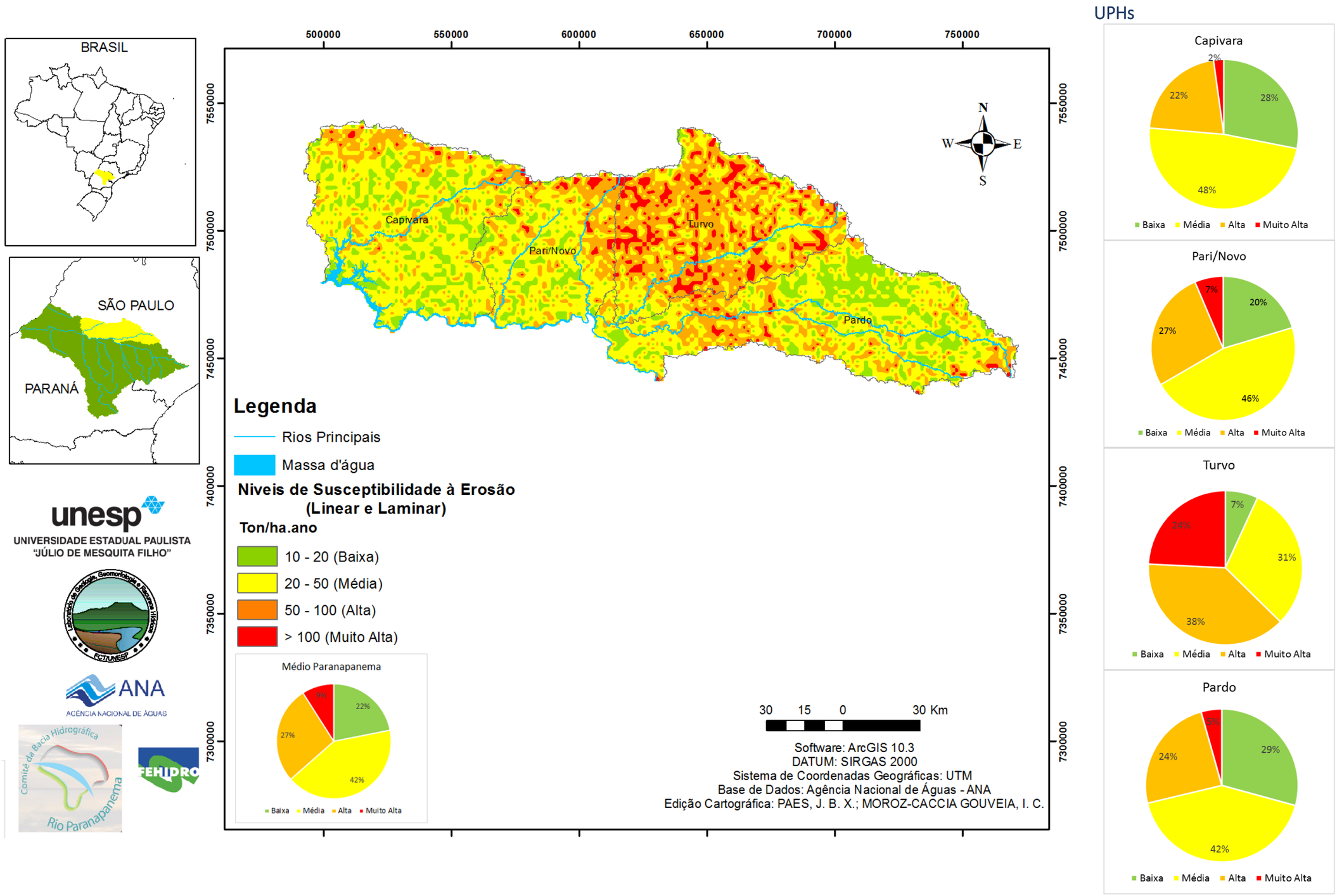


Mapa 17 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da UGH Médio Paranapanema (Erosão Laminar)



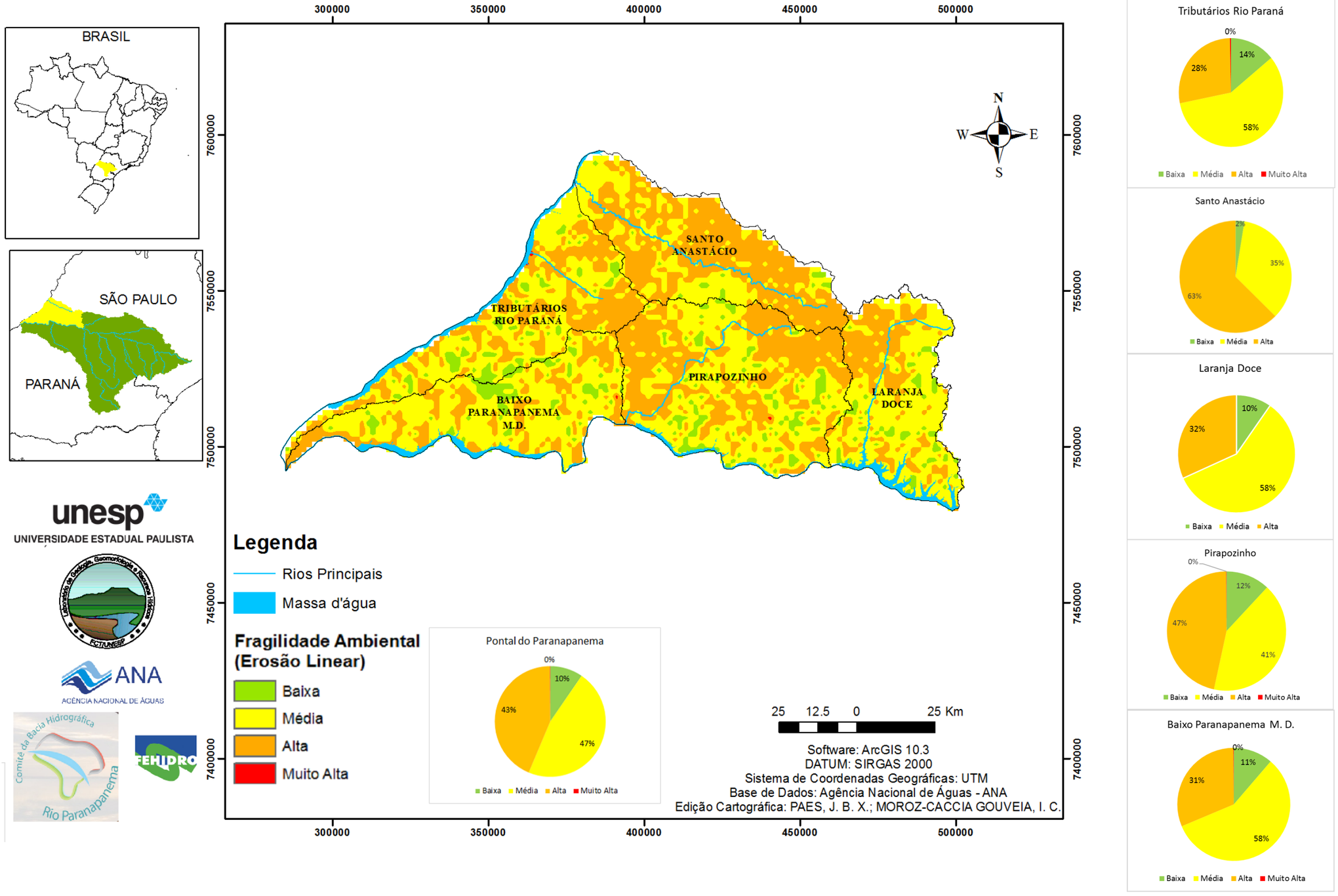
UPHs

Mapa 18 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) da UGH Médio Paranapanema



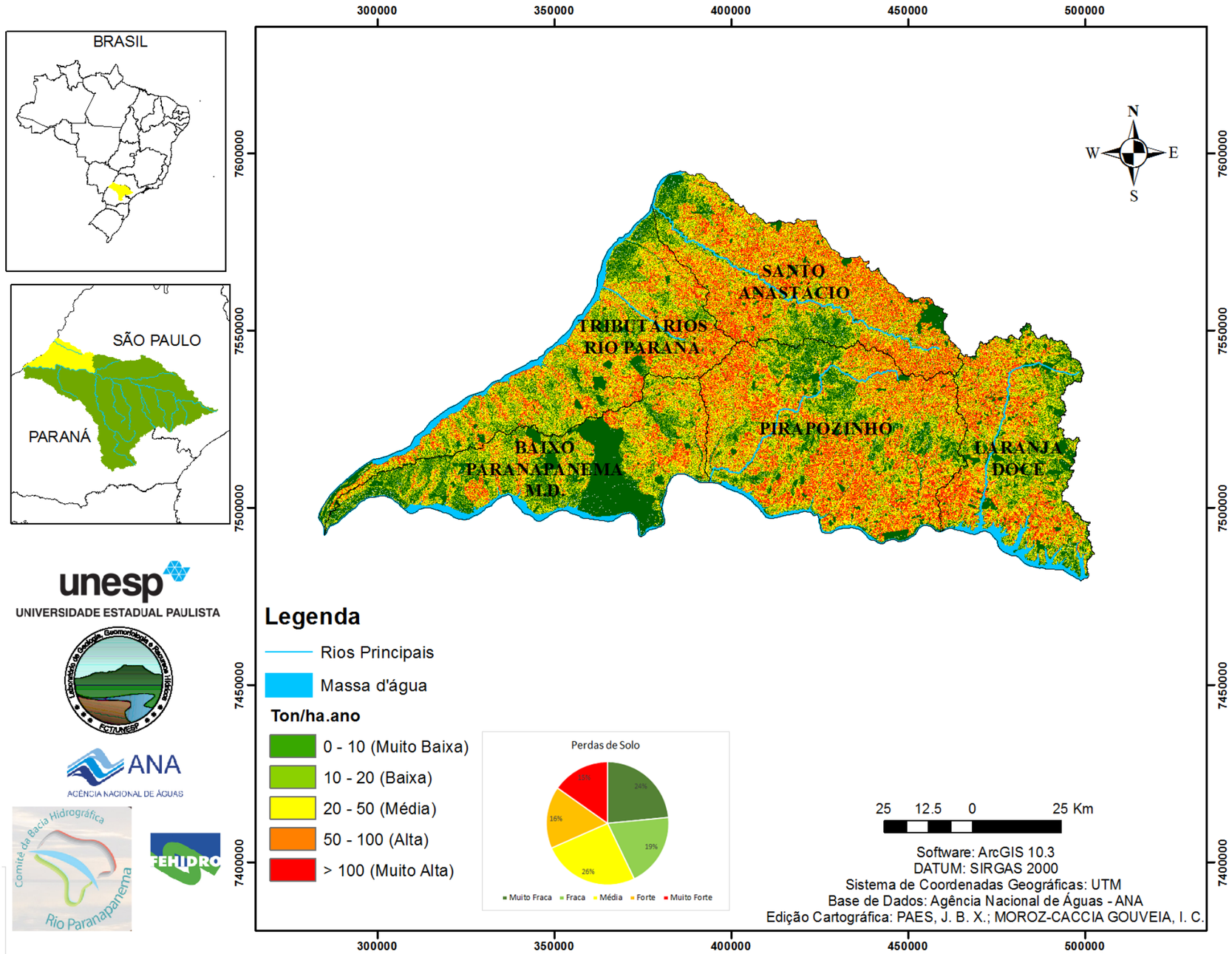
UGH PONTAL DO PARANAPANEMA

Mapa 19 - Mapa de Fragilidade Ambiental da UGH Pontal do Paranapanema (Erosão Linear)

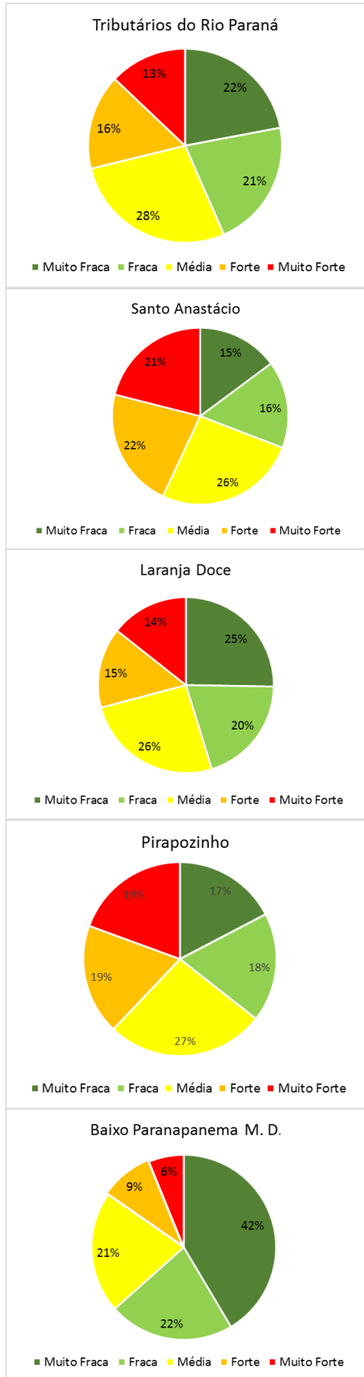


UPHs

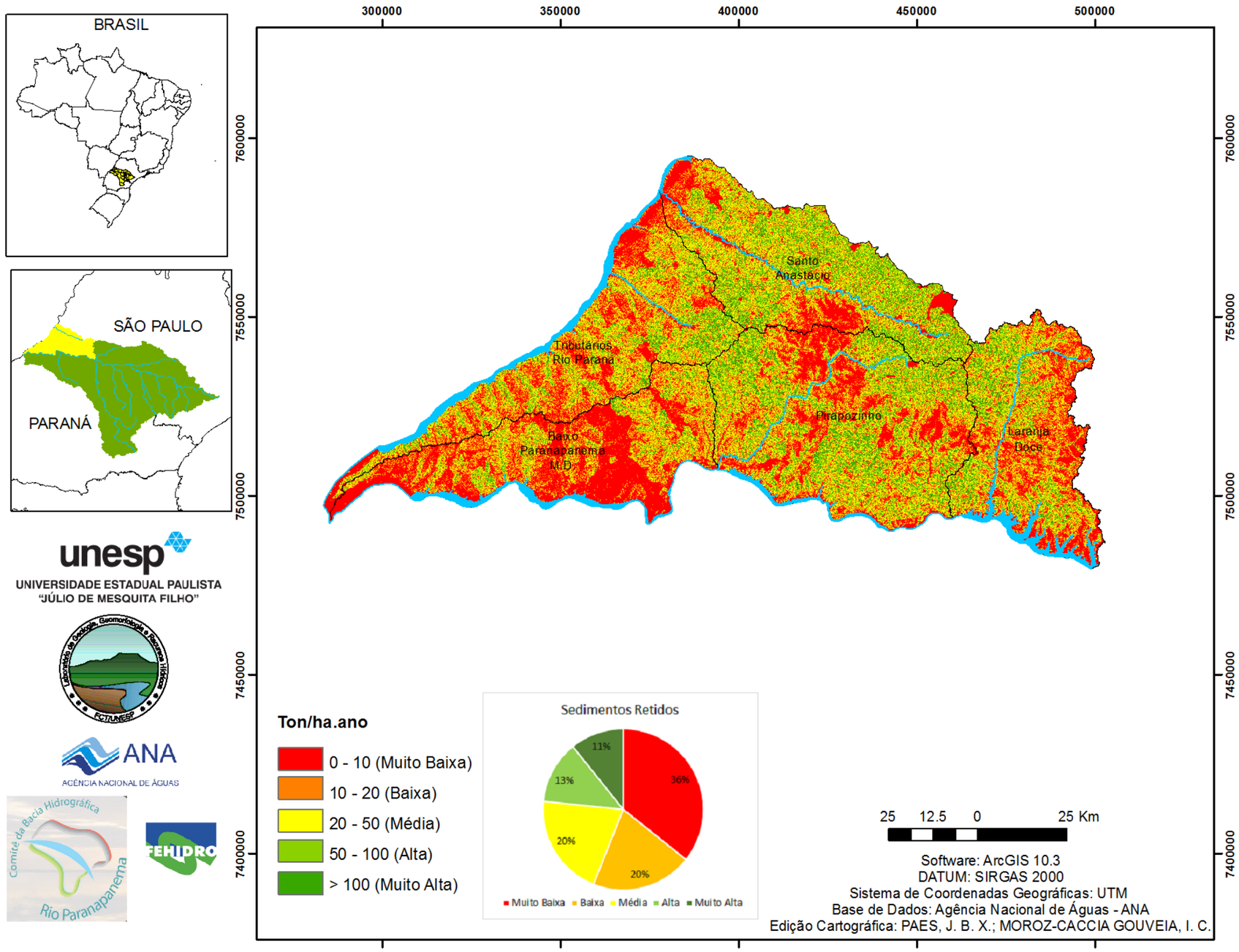
Mapa 20 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solo da UGH Pontal do Paranapanema (Erosão Laminar)



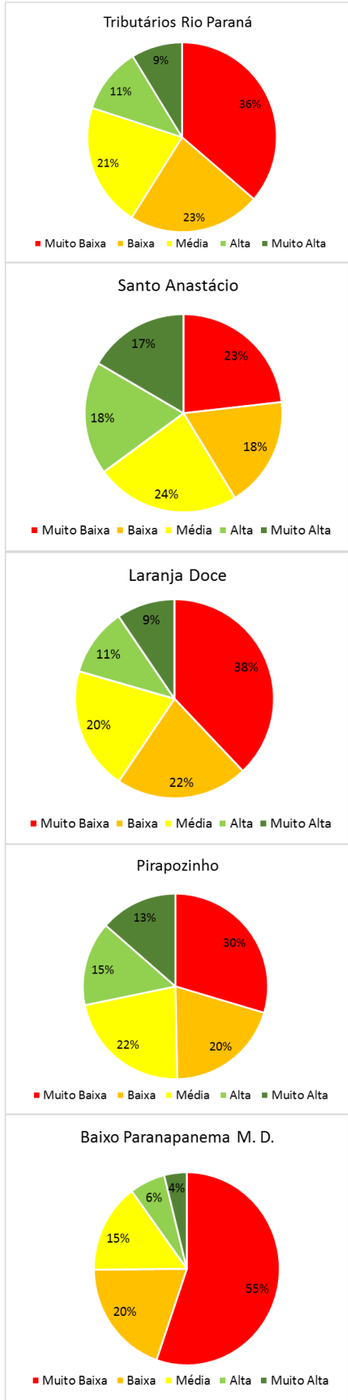
UPHs



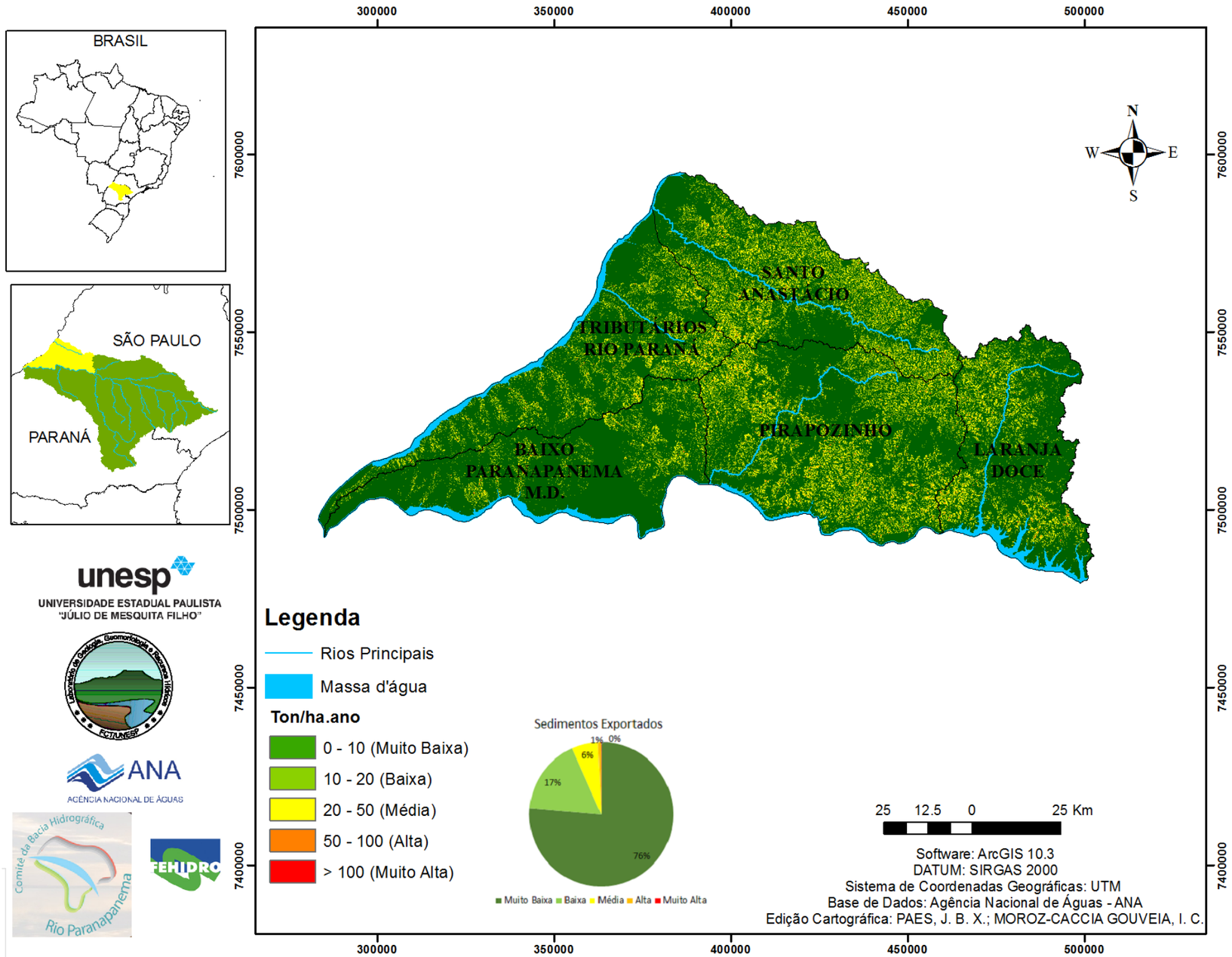
Mapa 21 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da UGH Pontal do Paranapanema (Erosão Laminar)



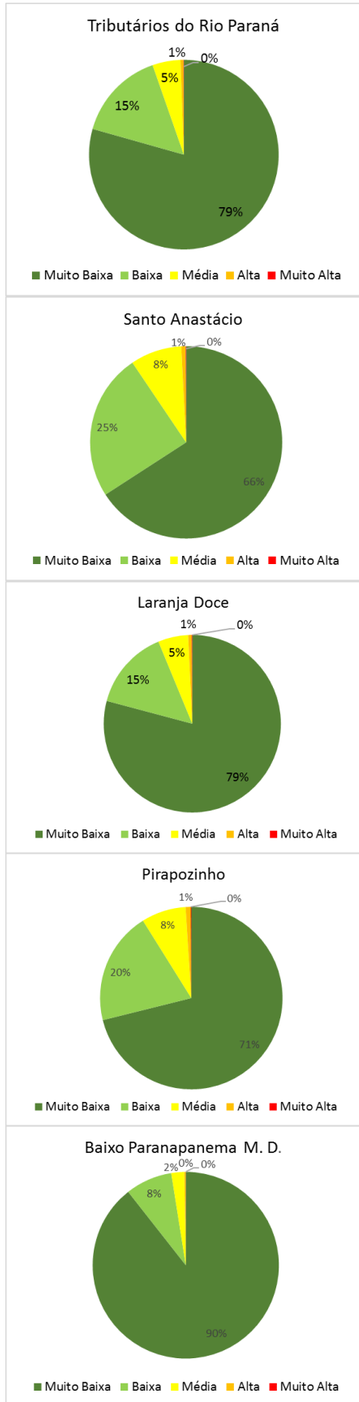
UPHs



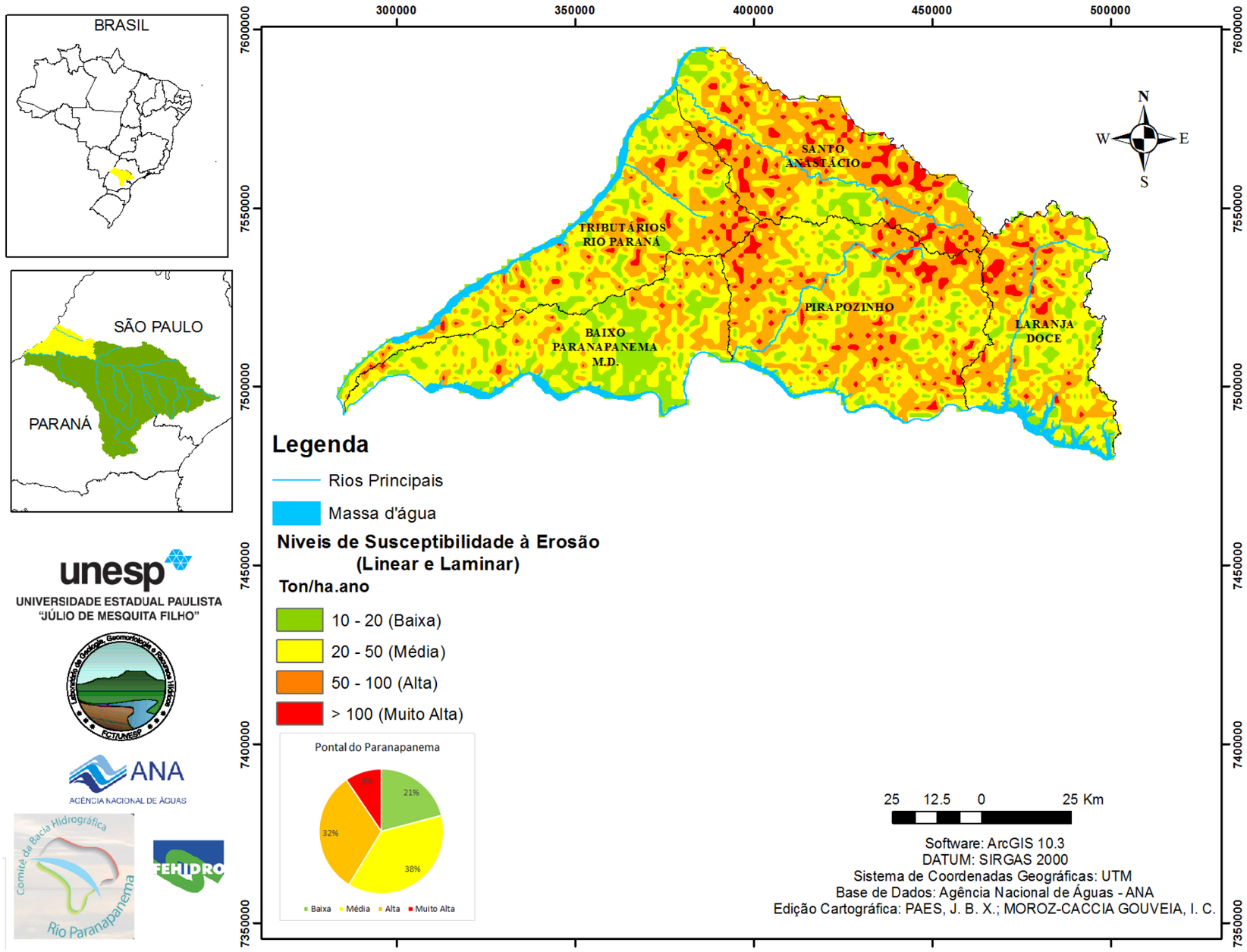
Mapa 22 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da UGH Pontal do Paranapanema (Erosão Laminar)



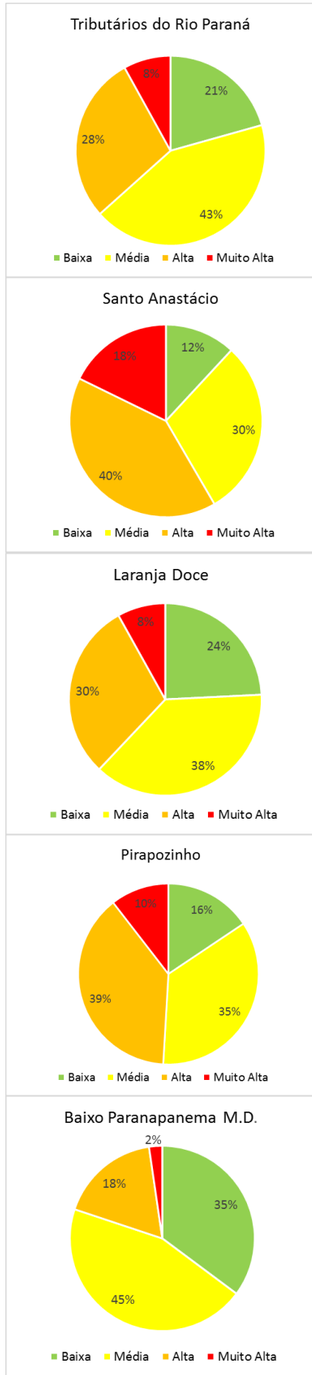
UPHs



Mapa 23 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) da UGH Pontal do Paranapanema

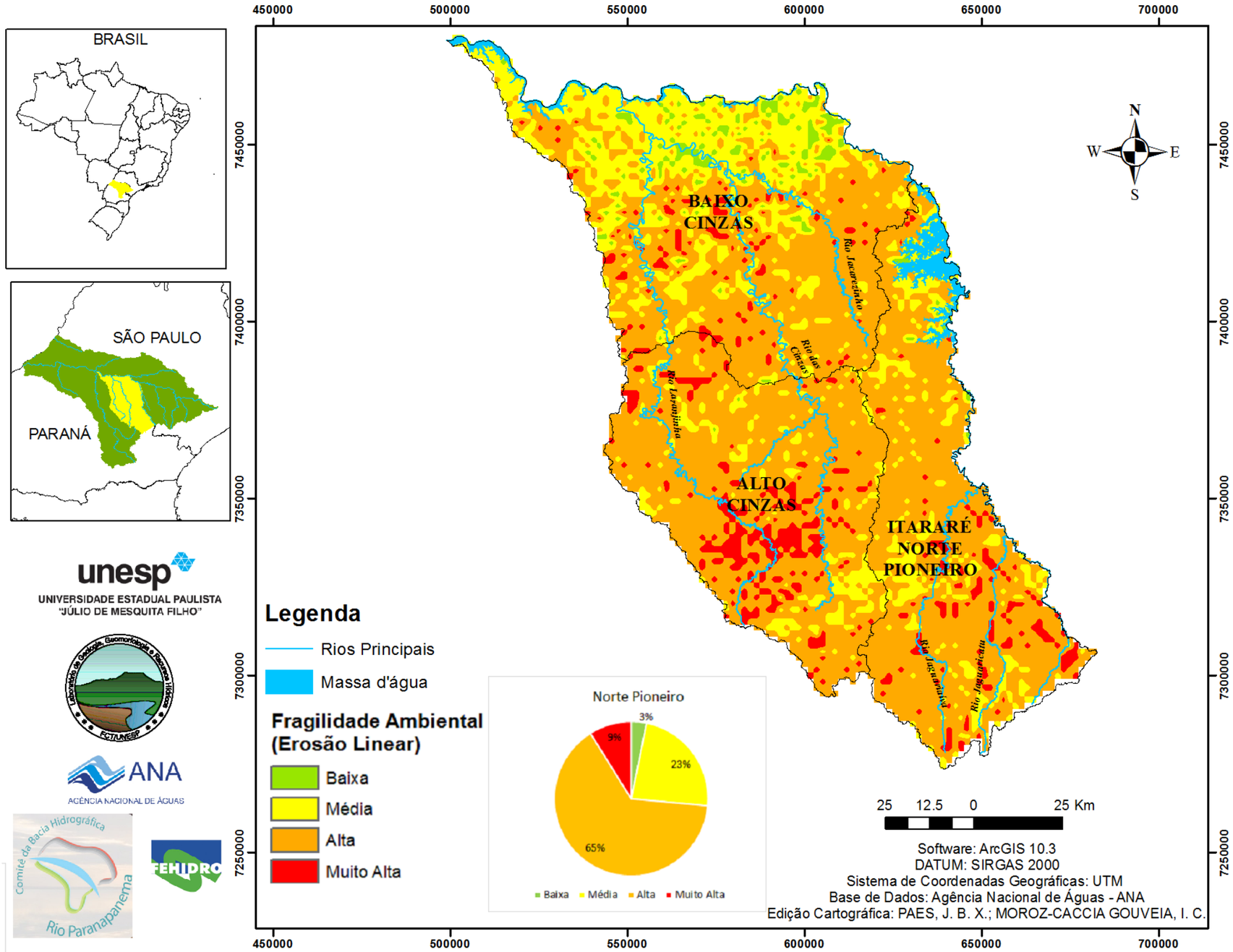


UPHs

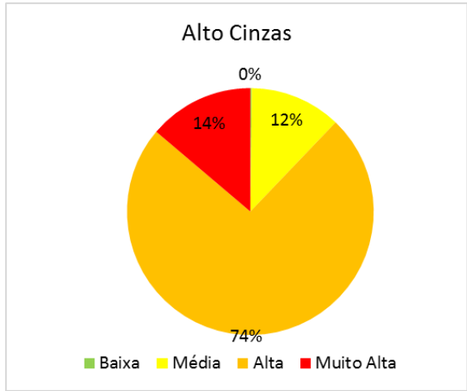


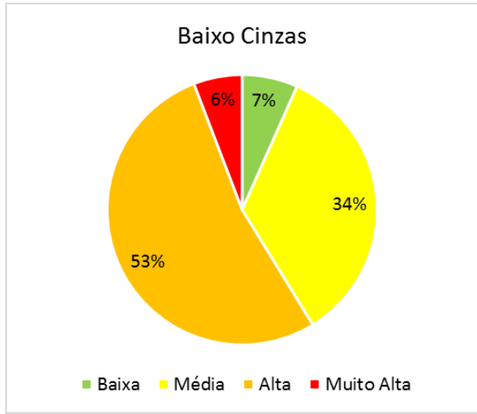
UGH NORTE PIONEIRO

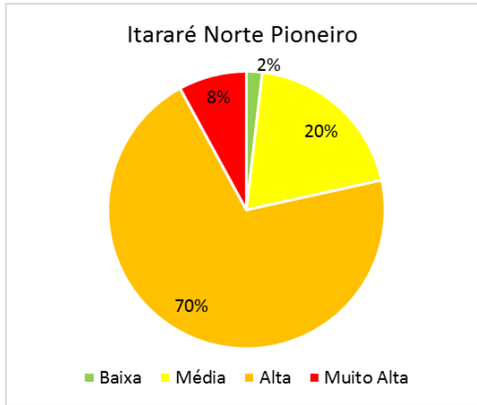
Mapa 24 - Mapa de Fragilidade Ambiental da UGH Norte Pioneiro (Erosão Linear)



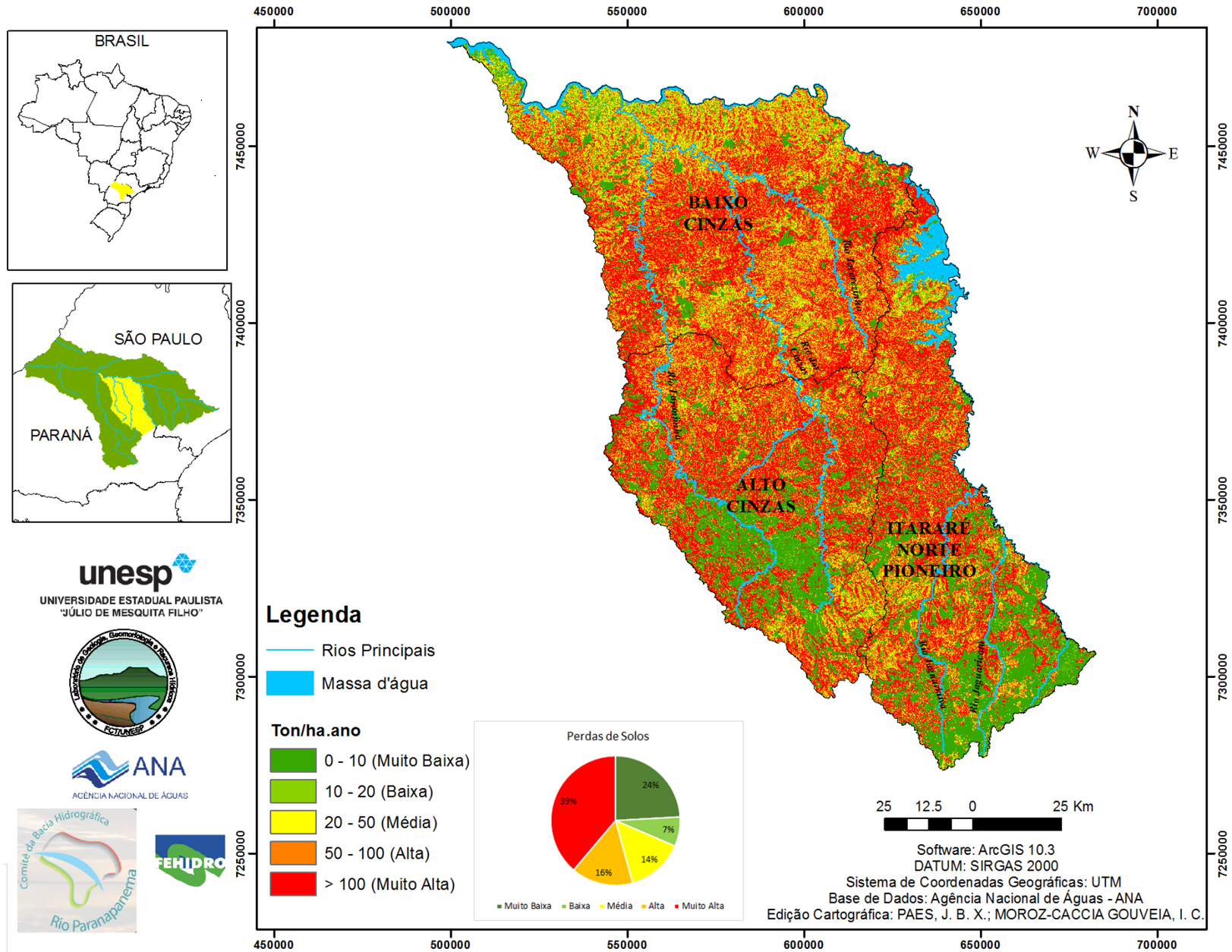
UPHs



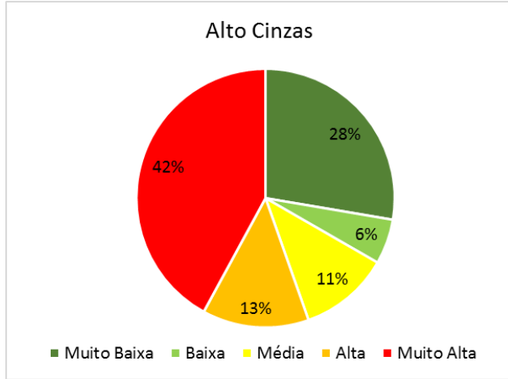


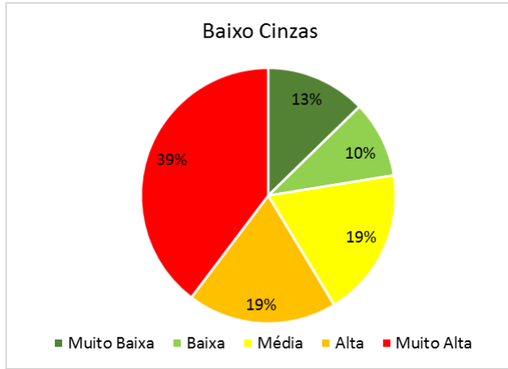


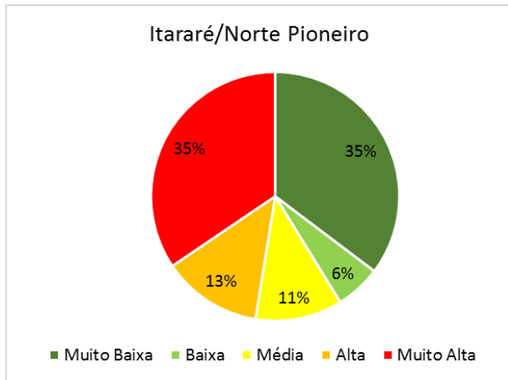
Mapa 25 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solo da UGH Norte Pioneiro (Erosão Linear)



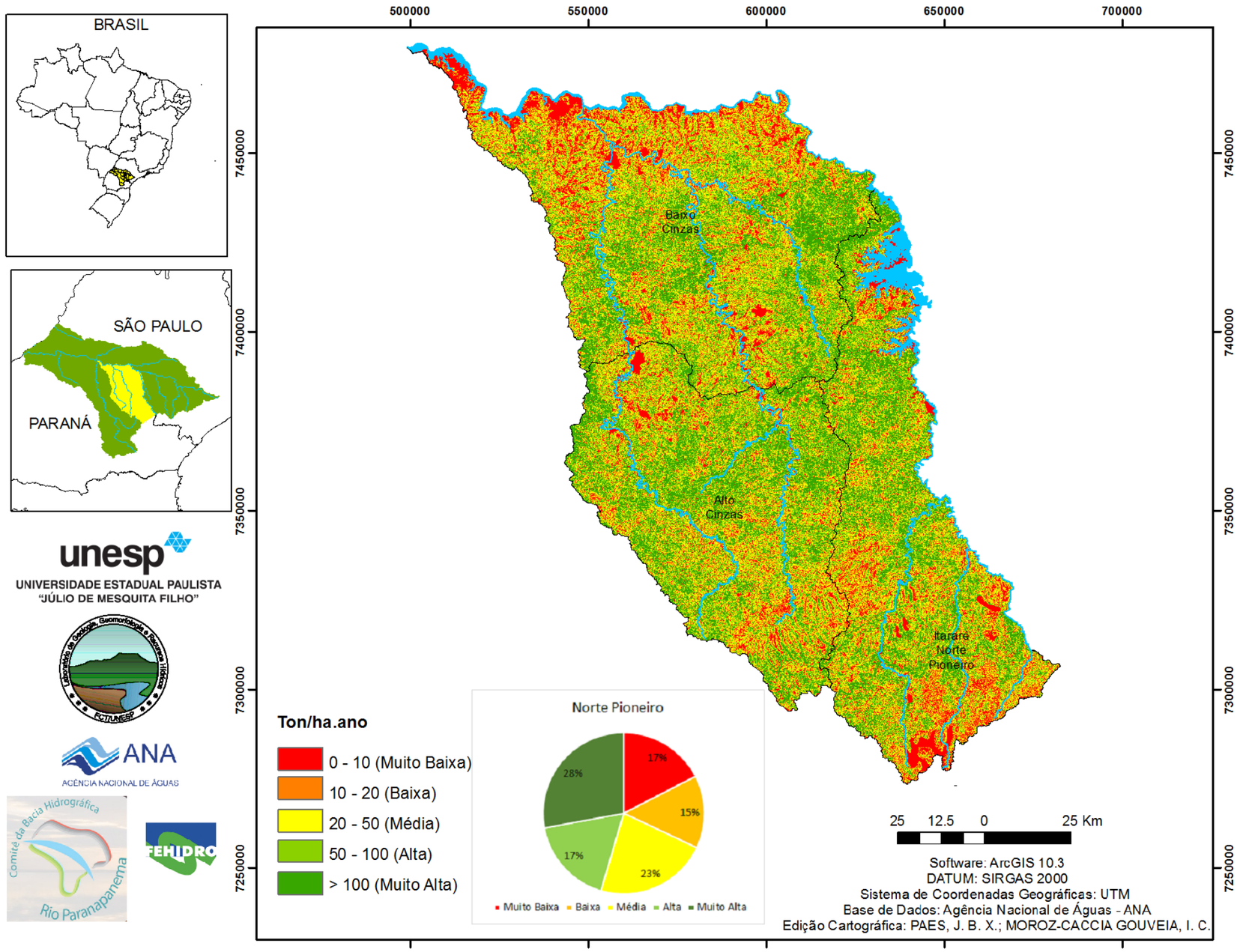
UPHs



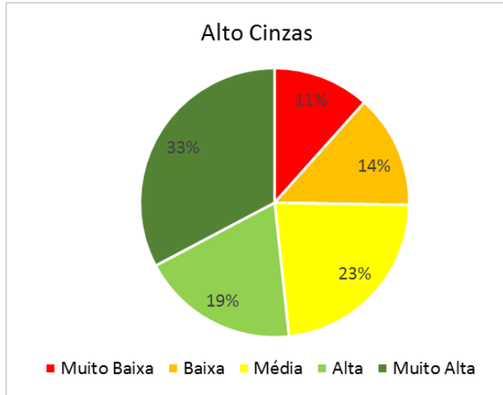


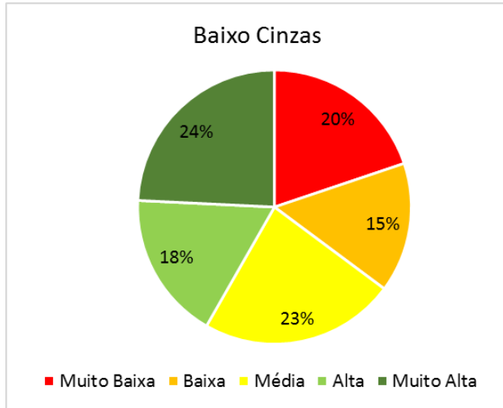


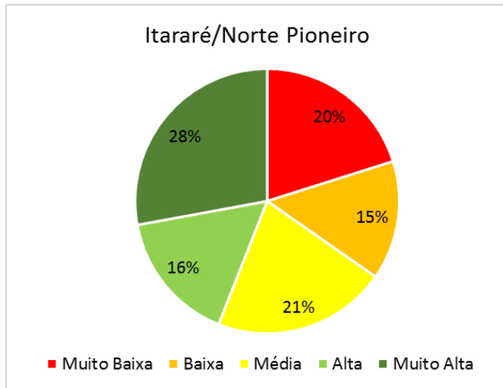
Mapa 26 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da UGH Norte Pioneiro (Erosão Linear)



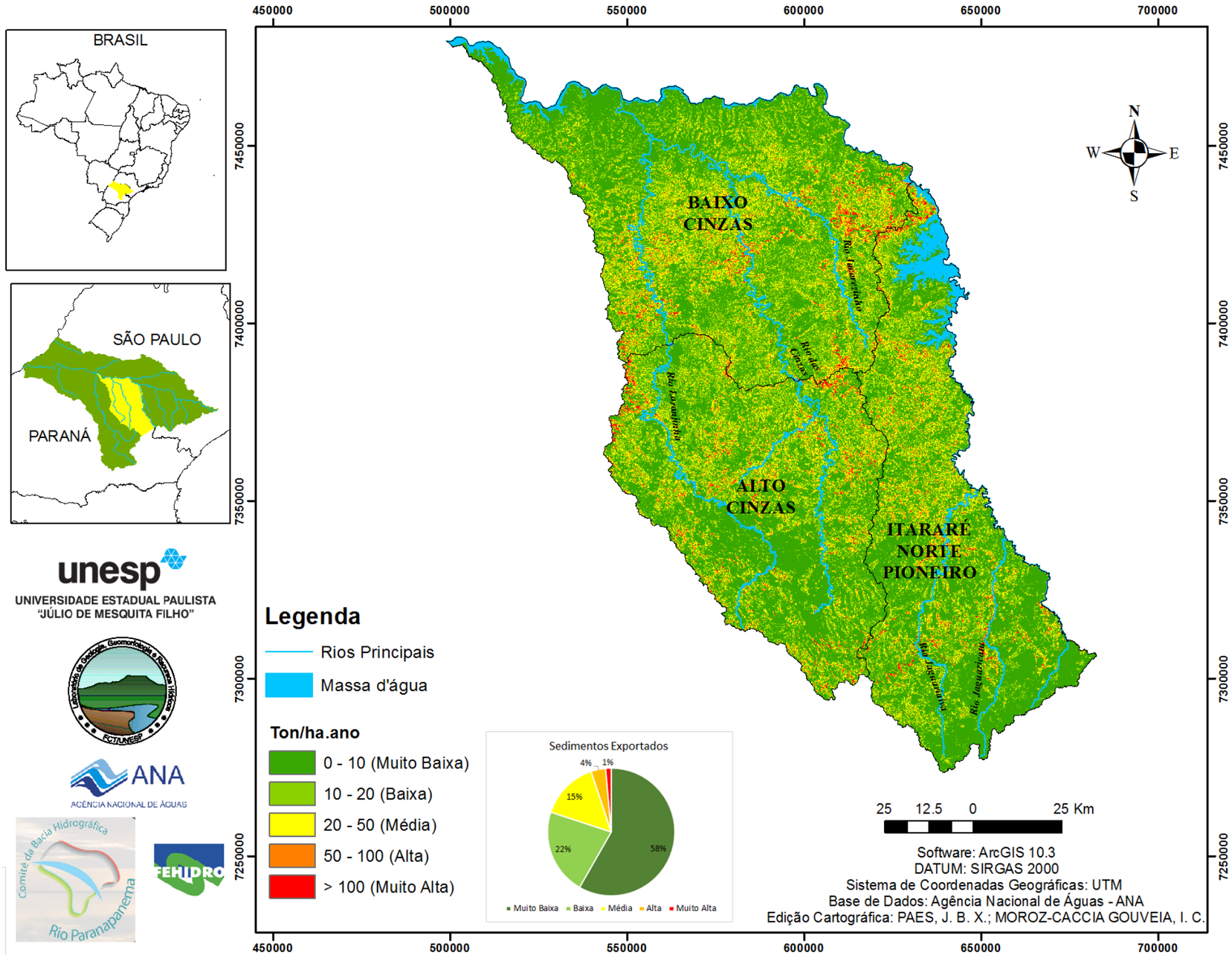
UPHs



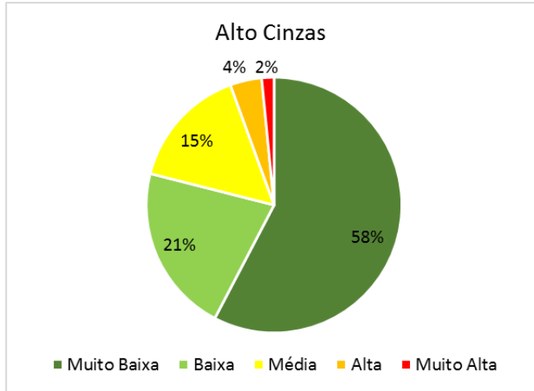


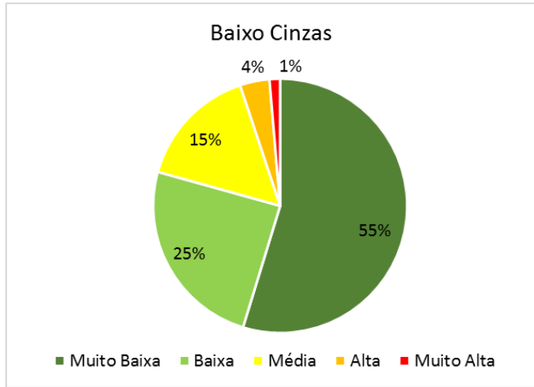


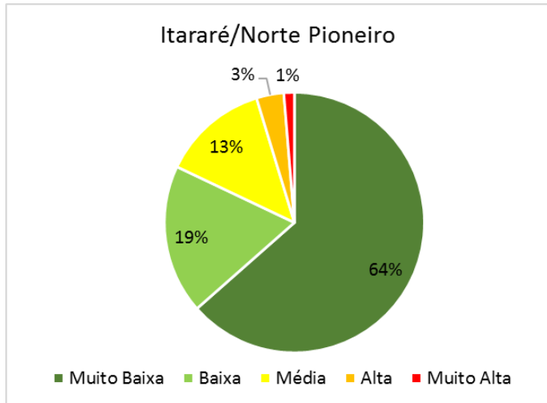
Mapa 27 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da UGH Norte Pioneiro (Erosão Linear)



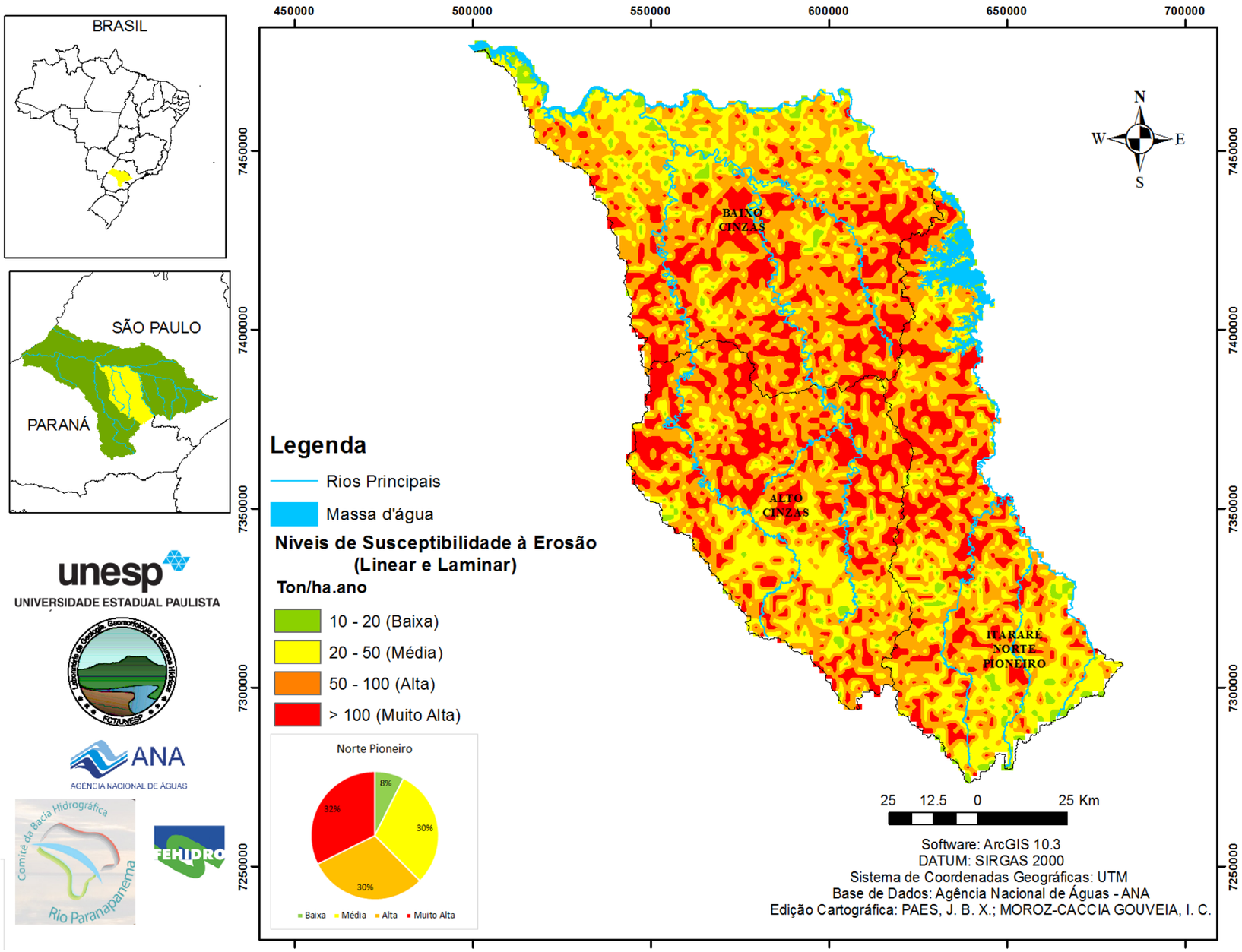
UPHs



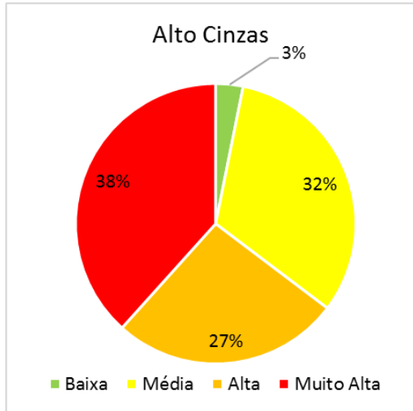


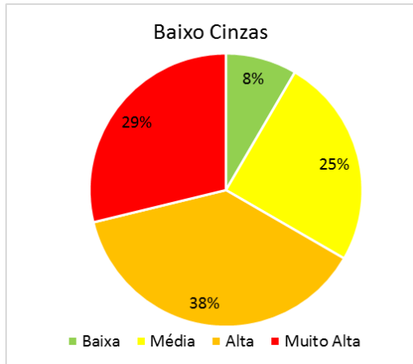


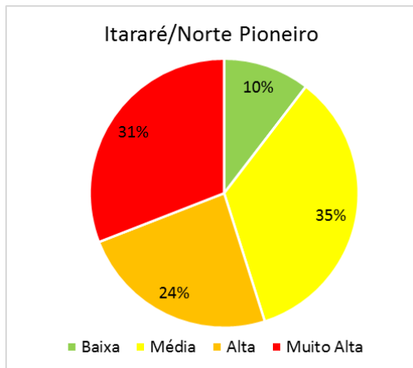
Mapa 28 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) da UGH Norte Pioneiro



UPHs

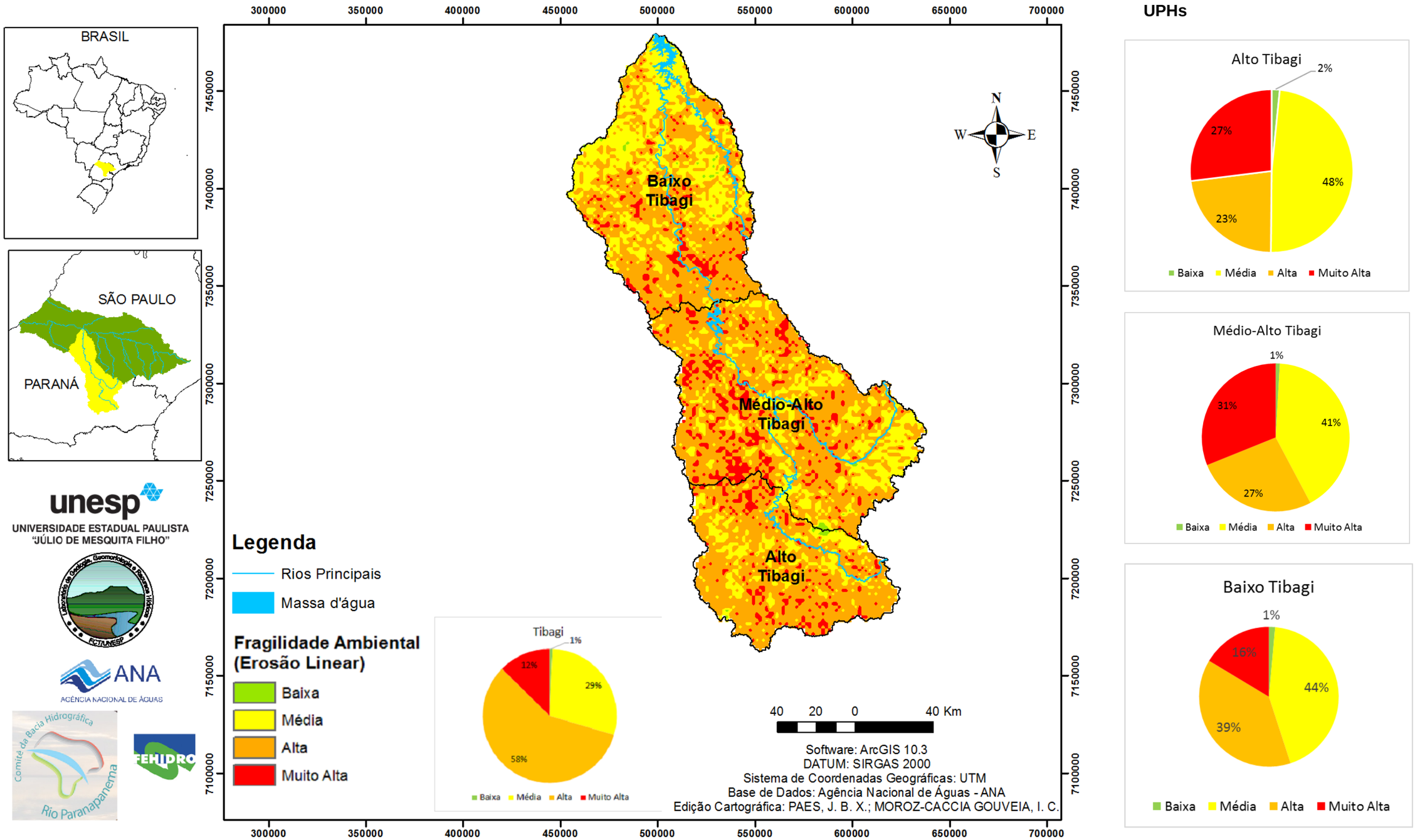




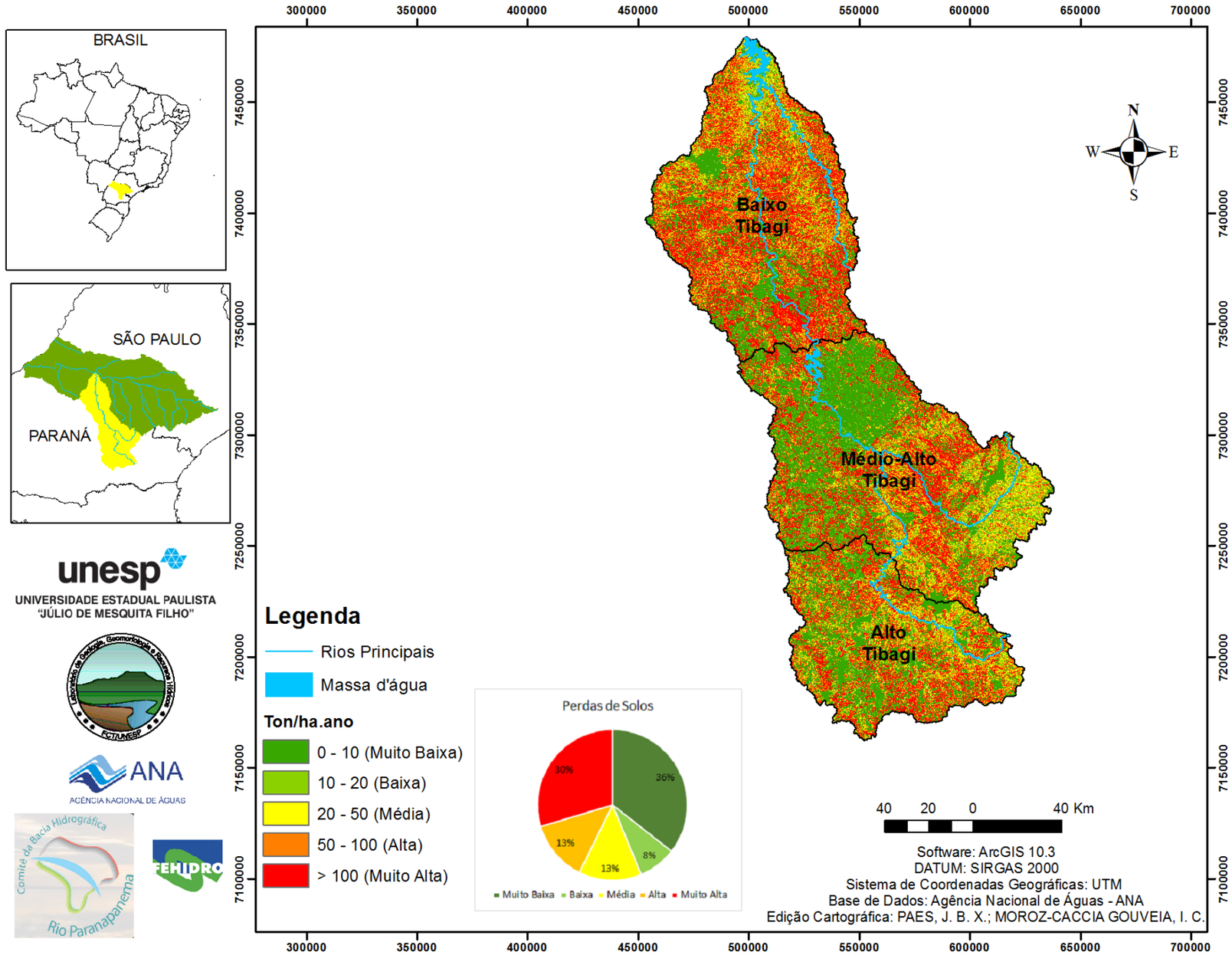


UGH TIBAGI

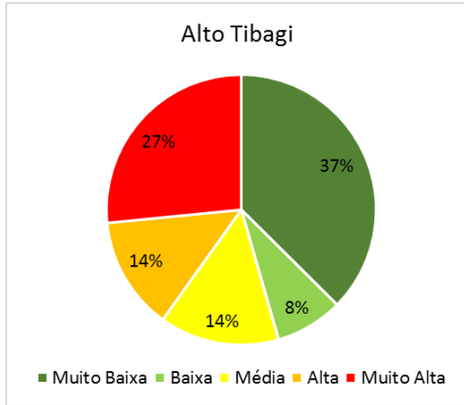
Mapa 29 - Mapa de Fragilidade Ambiental da UGH Tibagi (Erosão Linear)

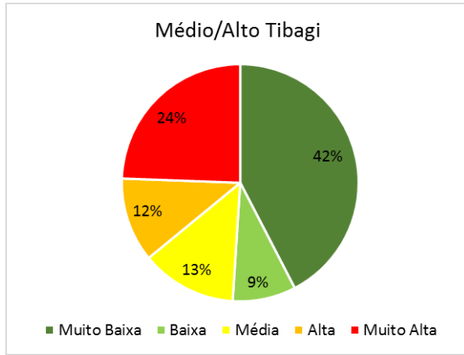


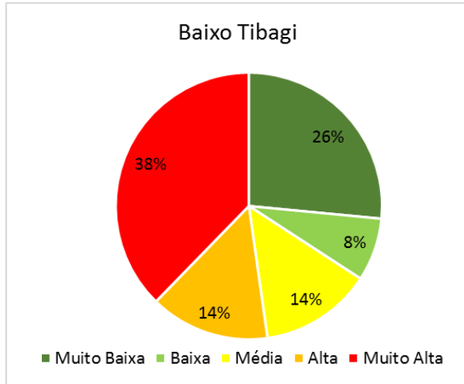
Mapa 30 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solo da UGH Tibagi (Erosão Linear)



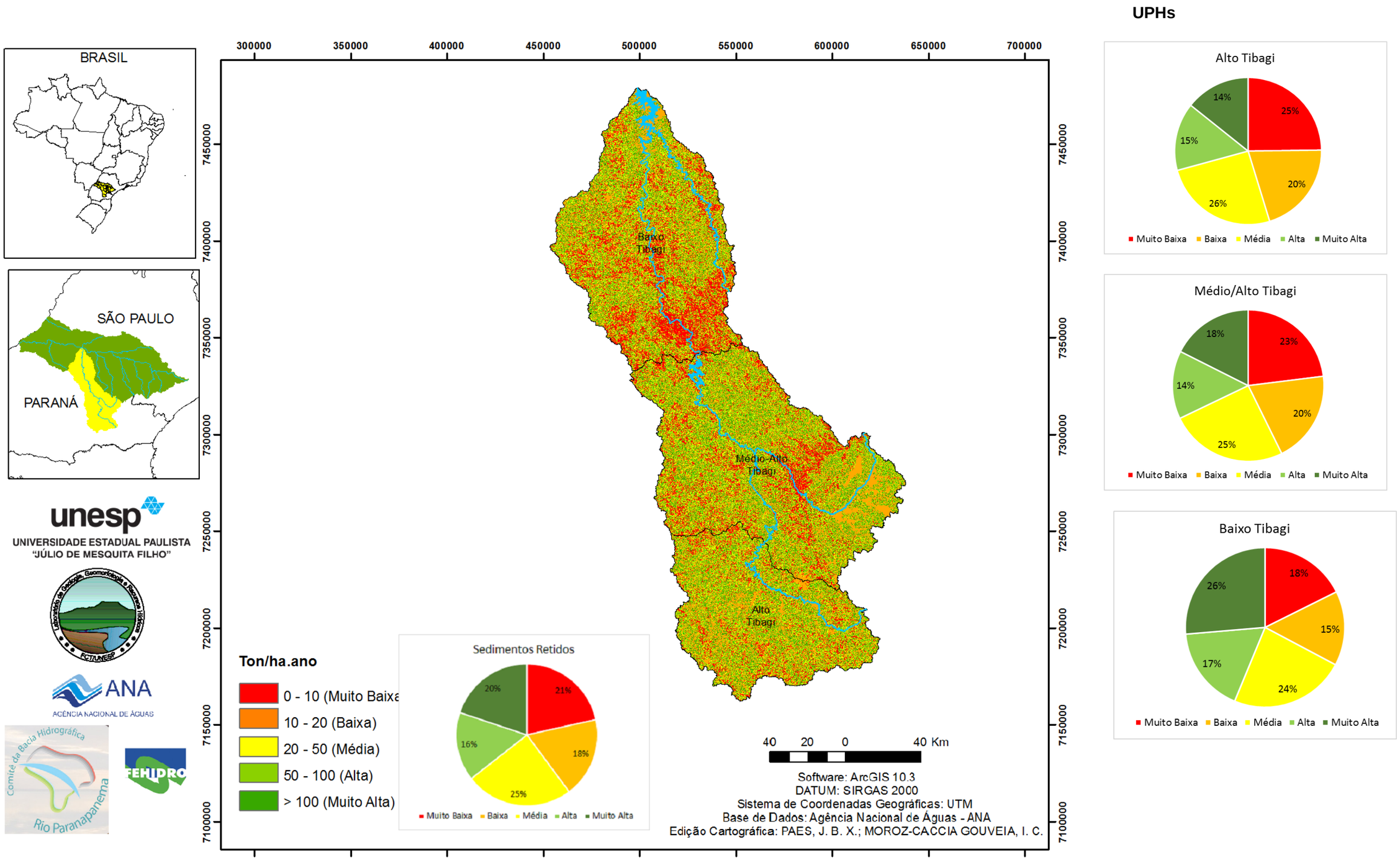
UPHs



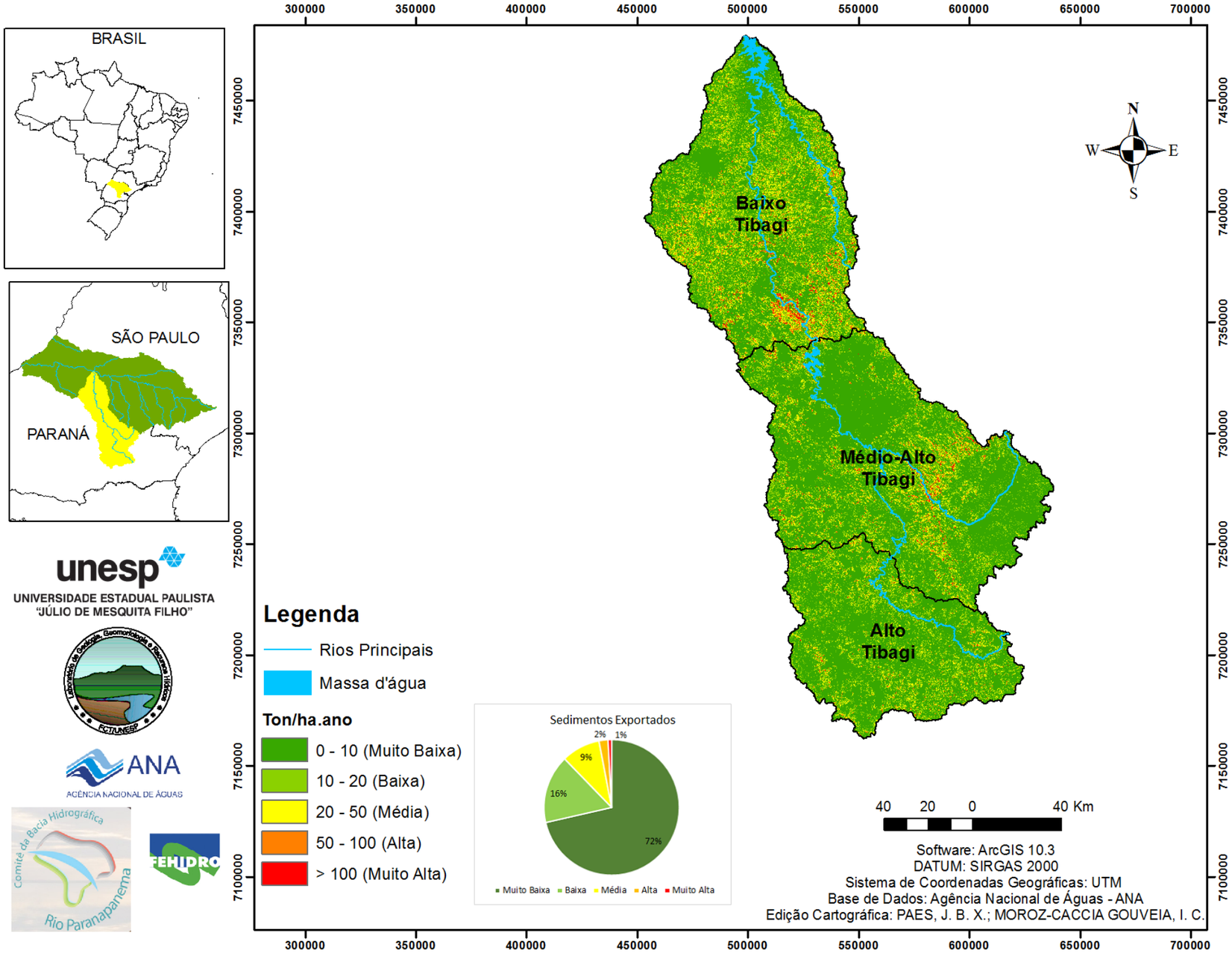




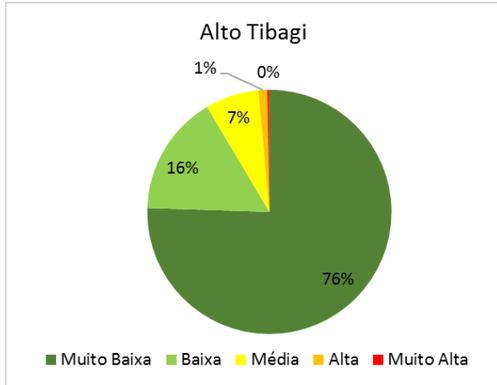
Mapa 31 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da UGH Tibagi (Erosão Linear)

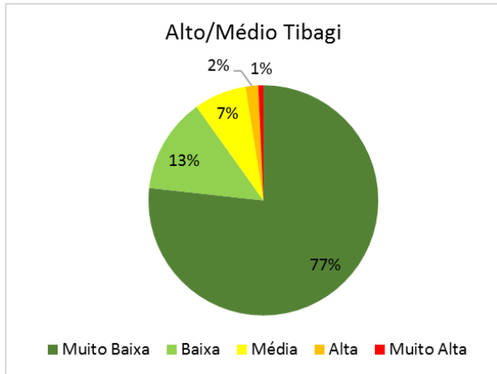


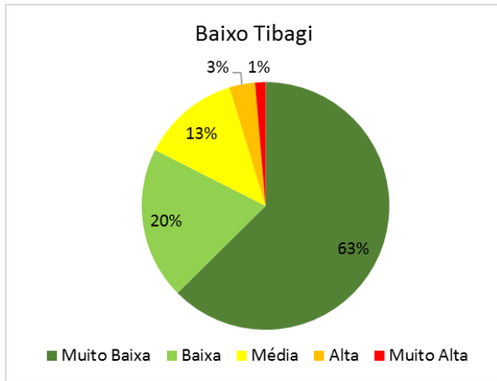
Mapa 32 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da UGH Tibagi (Erosão Linear)



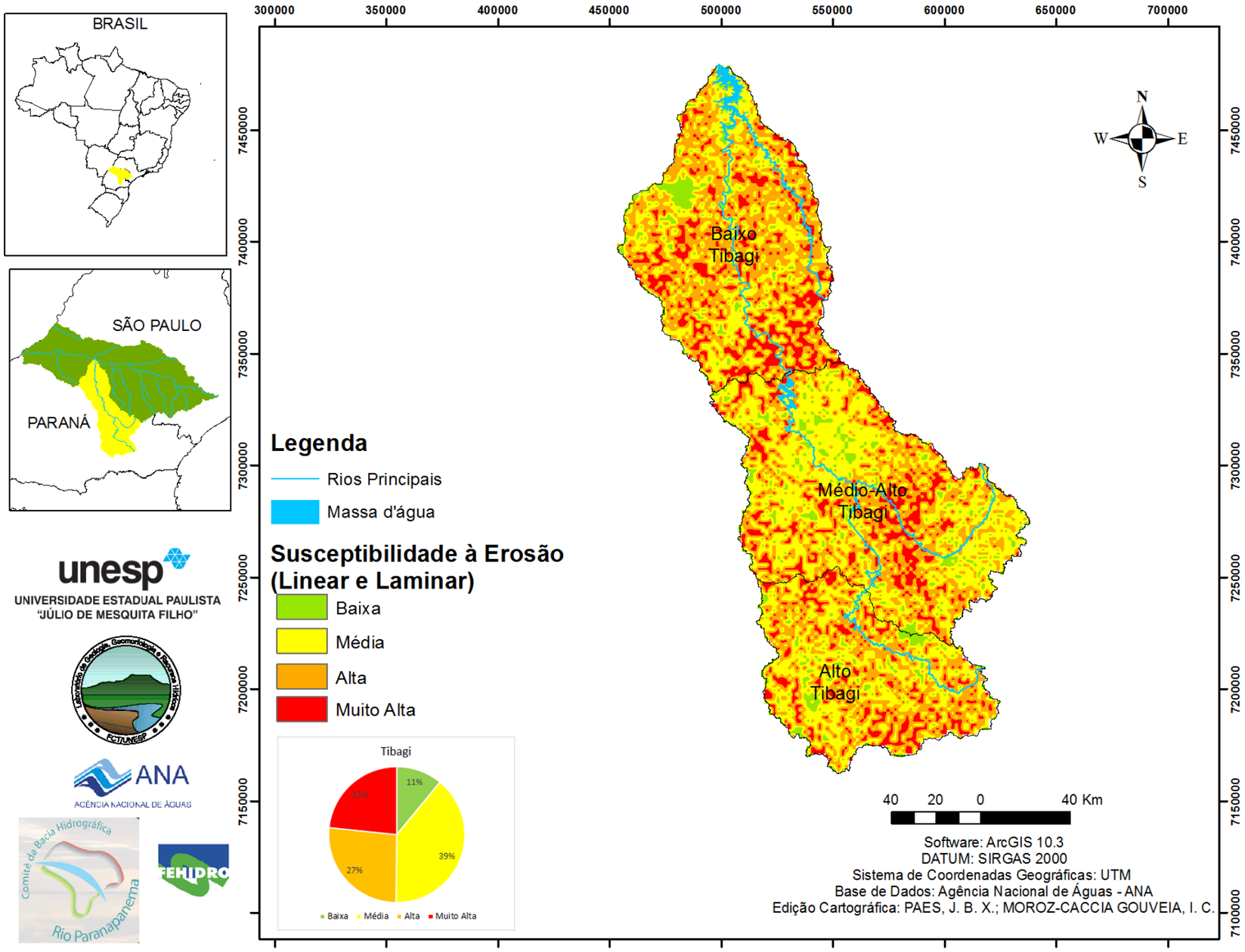
UPHs



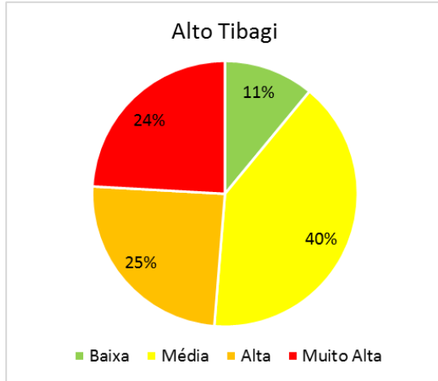


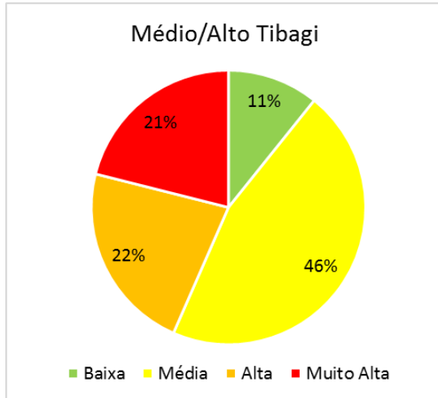


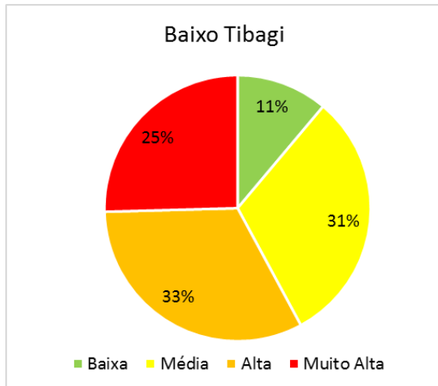
Mapa 33 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) da UGH Tibagi



UGHs

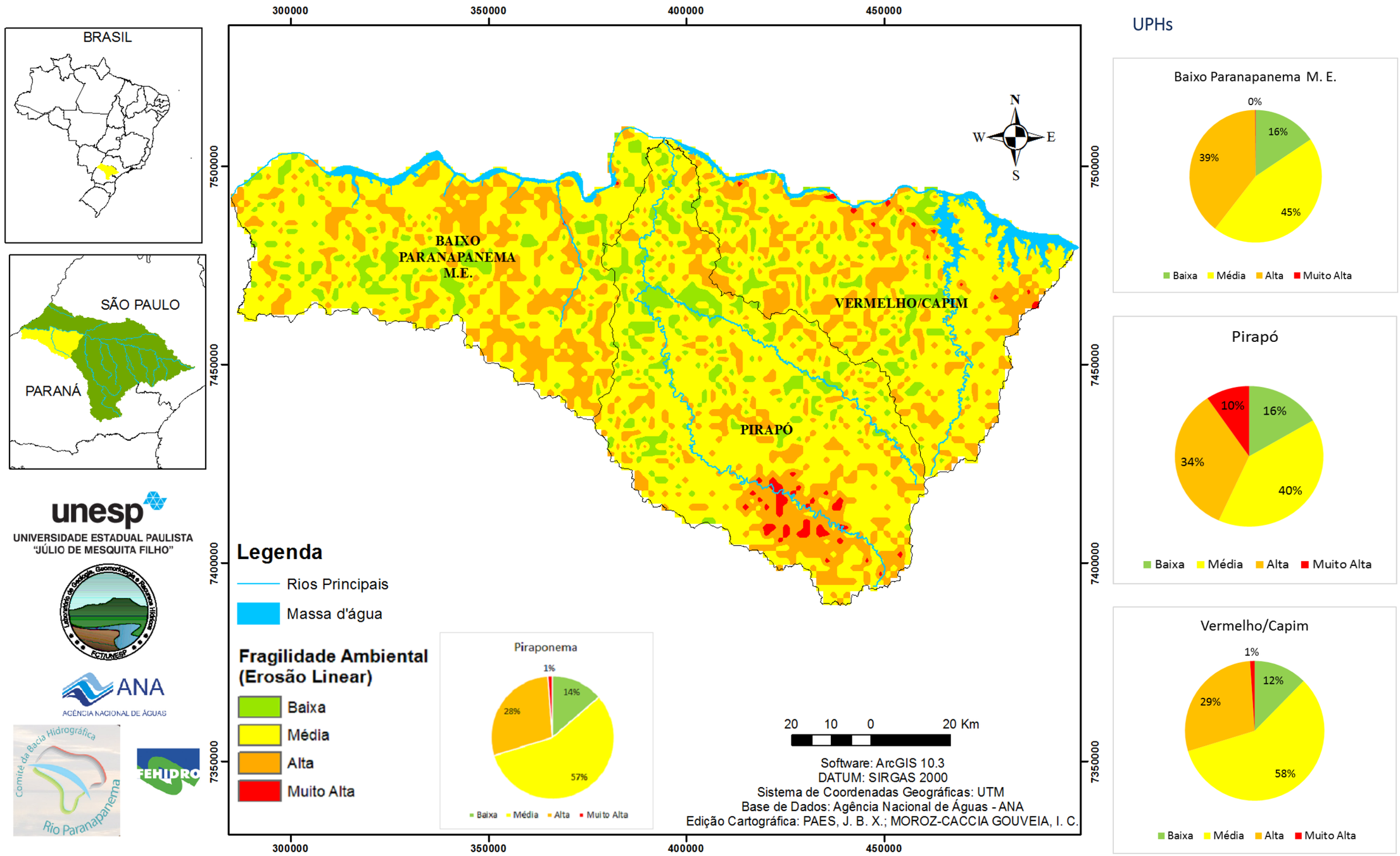




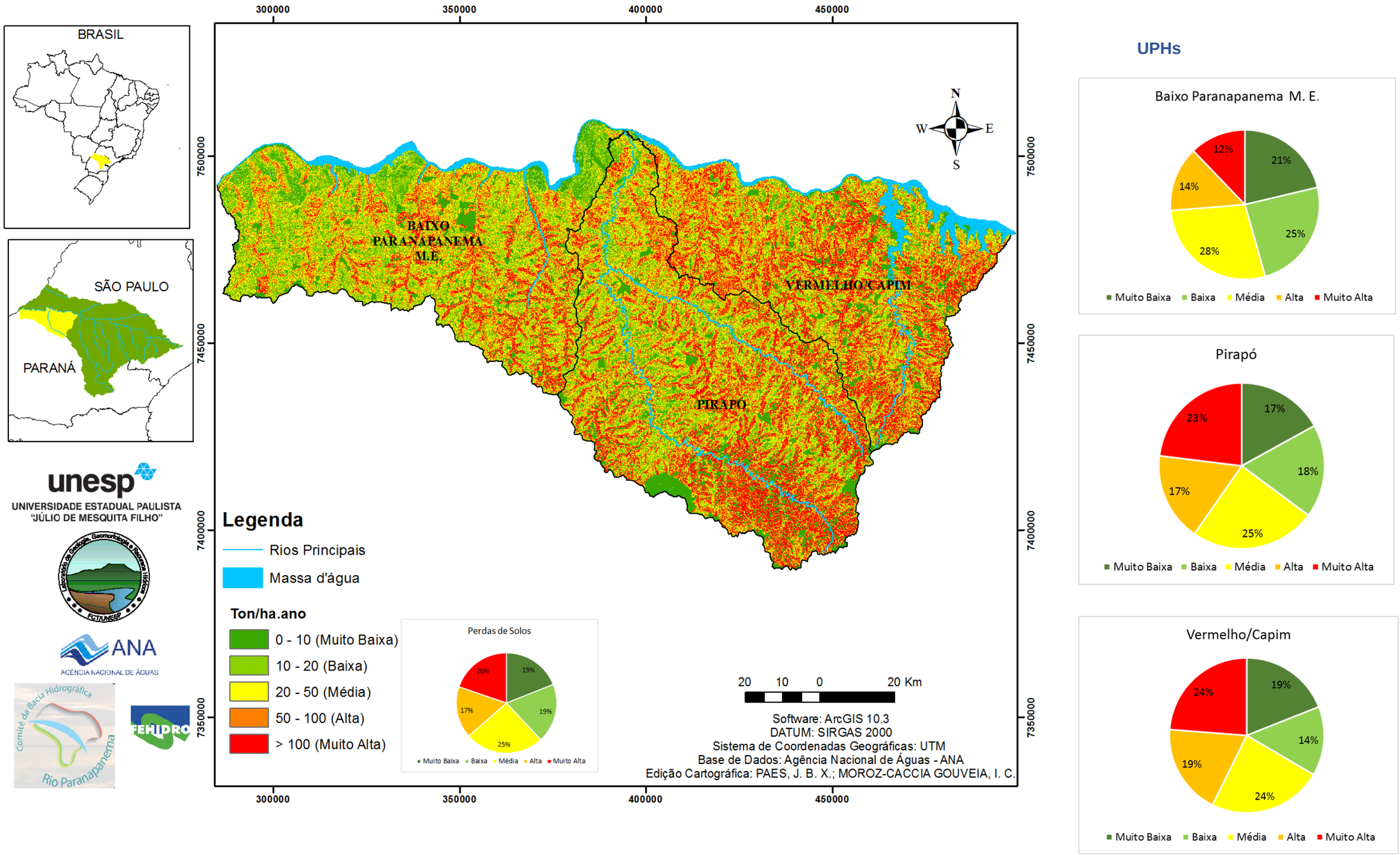


UGH PIRAPONEMA

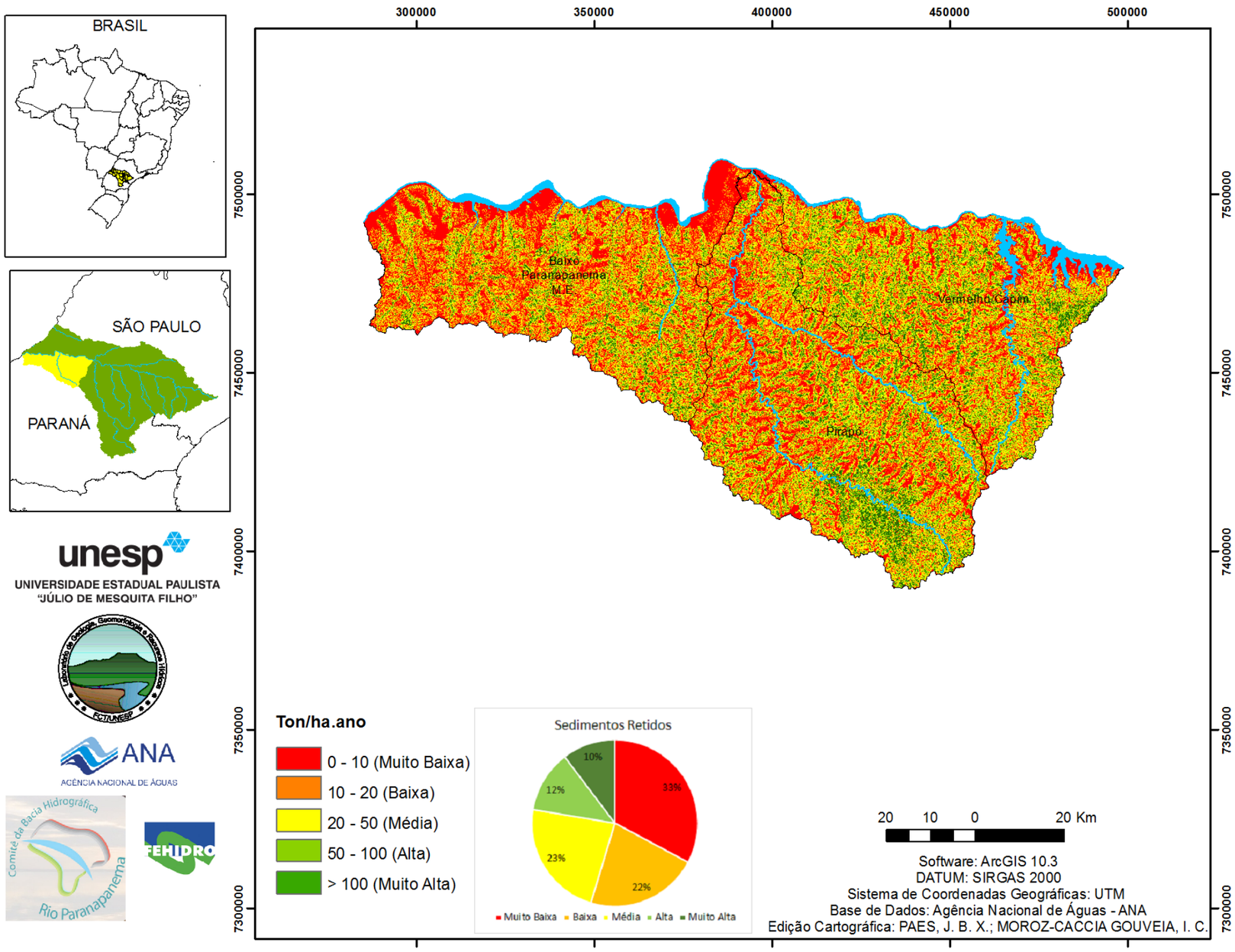
Mapa 34 - Mapa de Fragilidade Ambiental da UGH Piraponema (Erosão Linear)



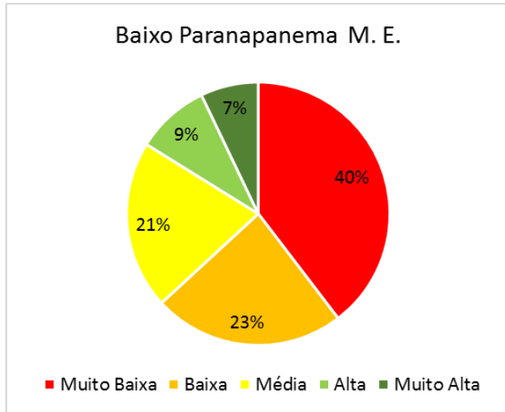
Mapa 35 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solos da UGH Piraponema (Erosão Laminar)

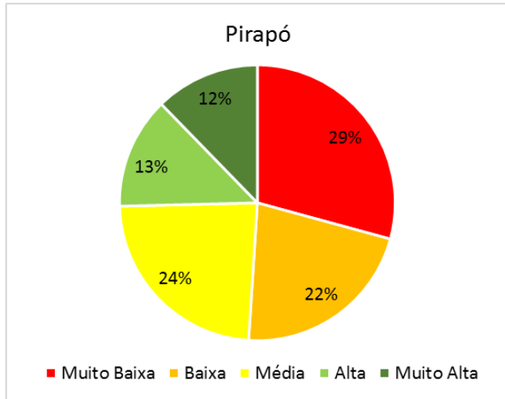


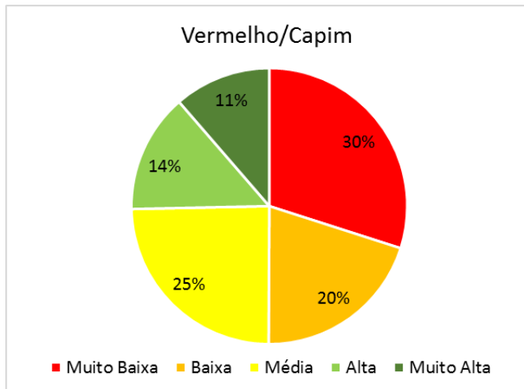
Mapa 36 - Mapa de Estimativa de Retenção de Sedimentos da UGH Piraponema (Erosão Laminar)



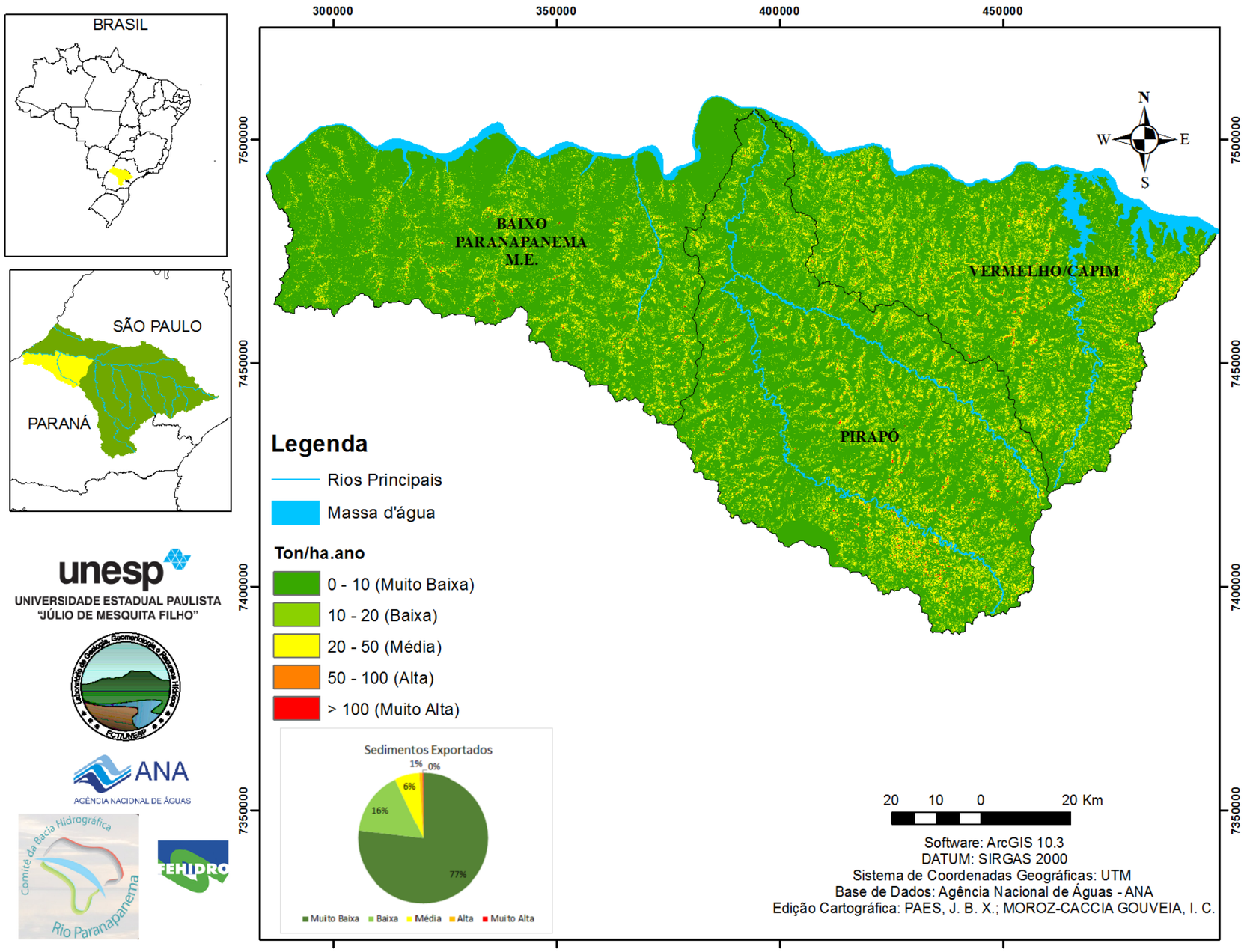
UPHs







Mapa 37 - Mapa de Estimativa de Exportação de Sedimentos da UGH Piraponema (Erosão Laminar)



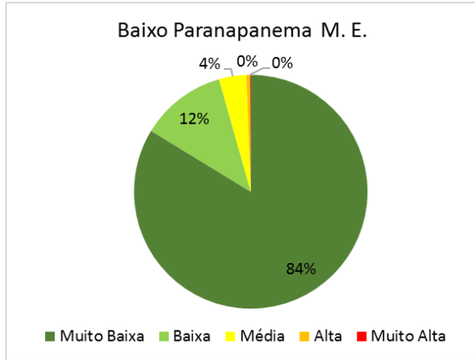
unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

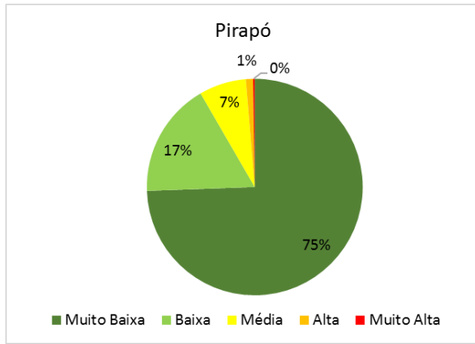
ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

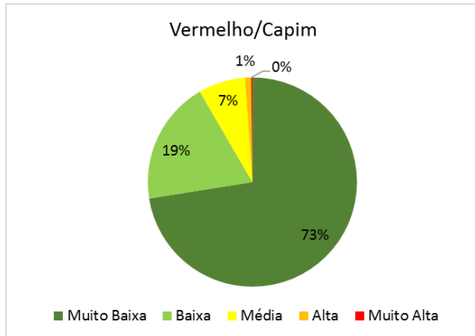
Comitê da Bacia Hidrográfica Rio Paranapanema

FEHIDRO

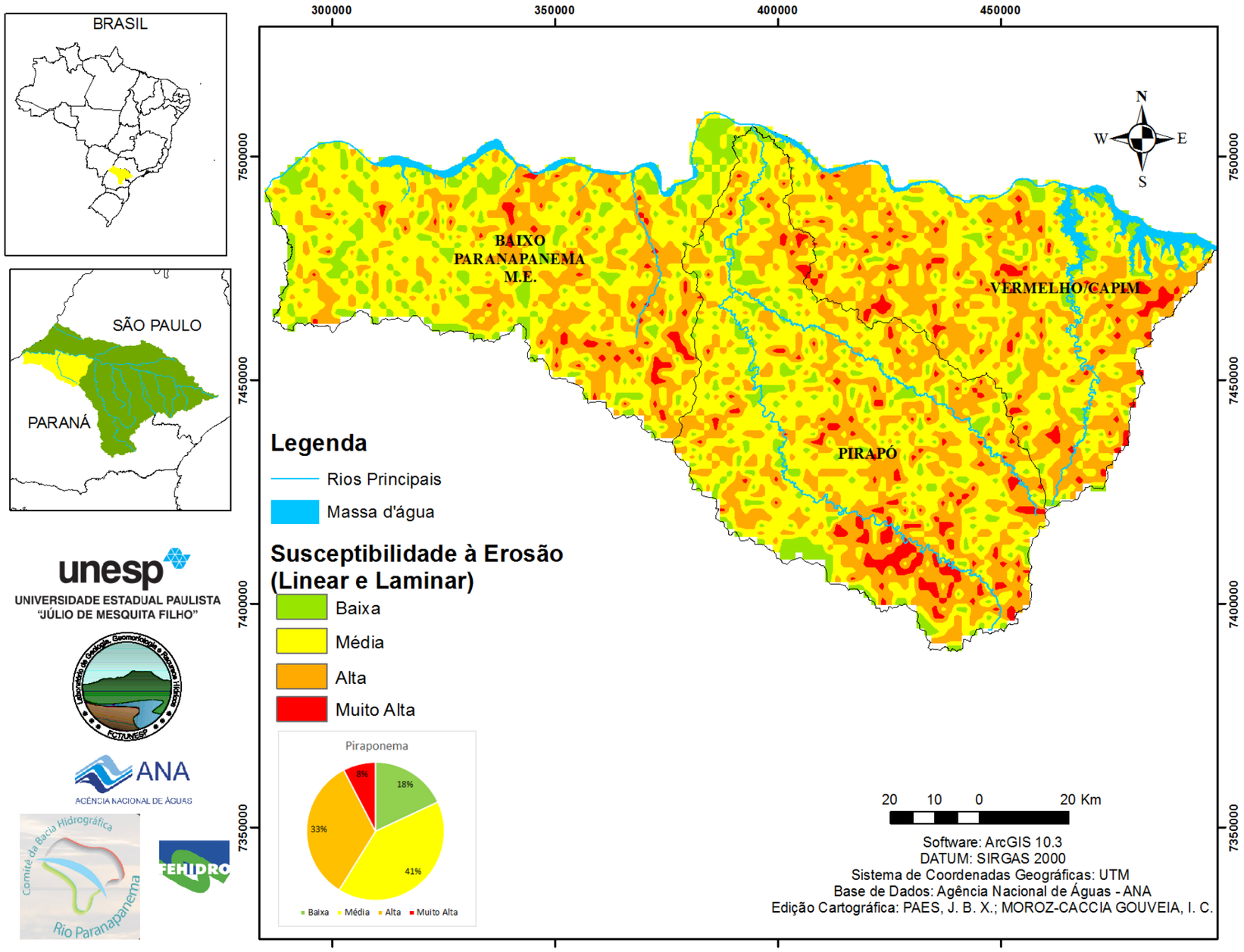
UPHs



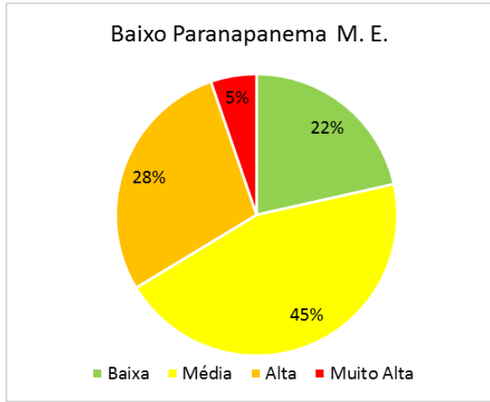


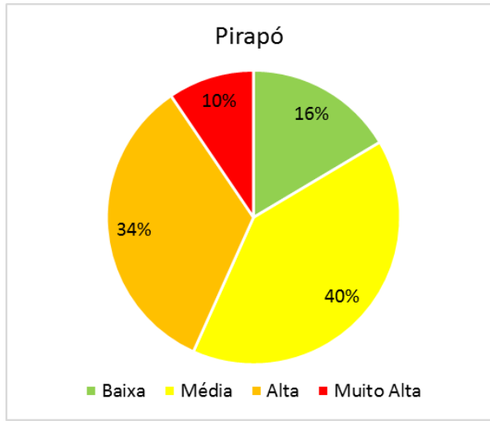


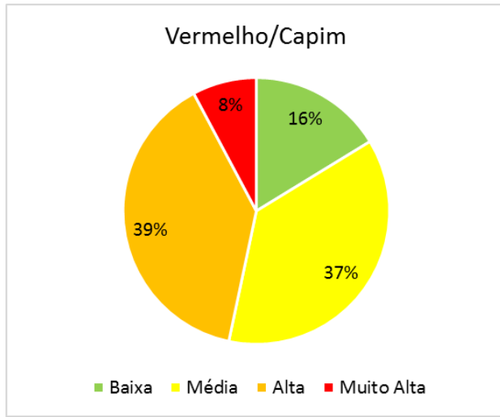
Mapa 38 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) da UGH Piraponema



UPHs

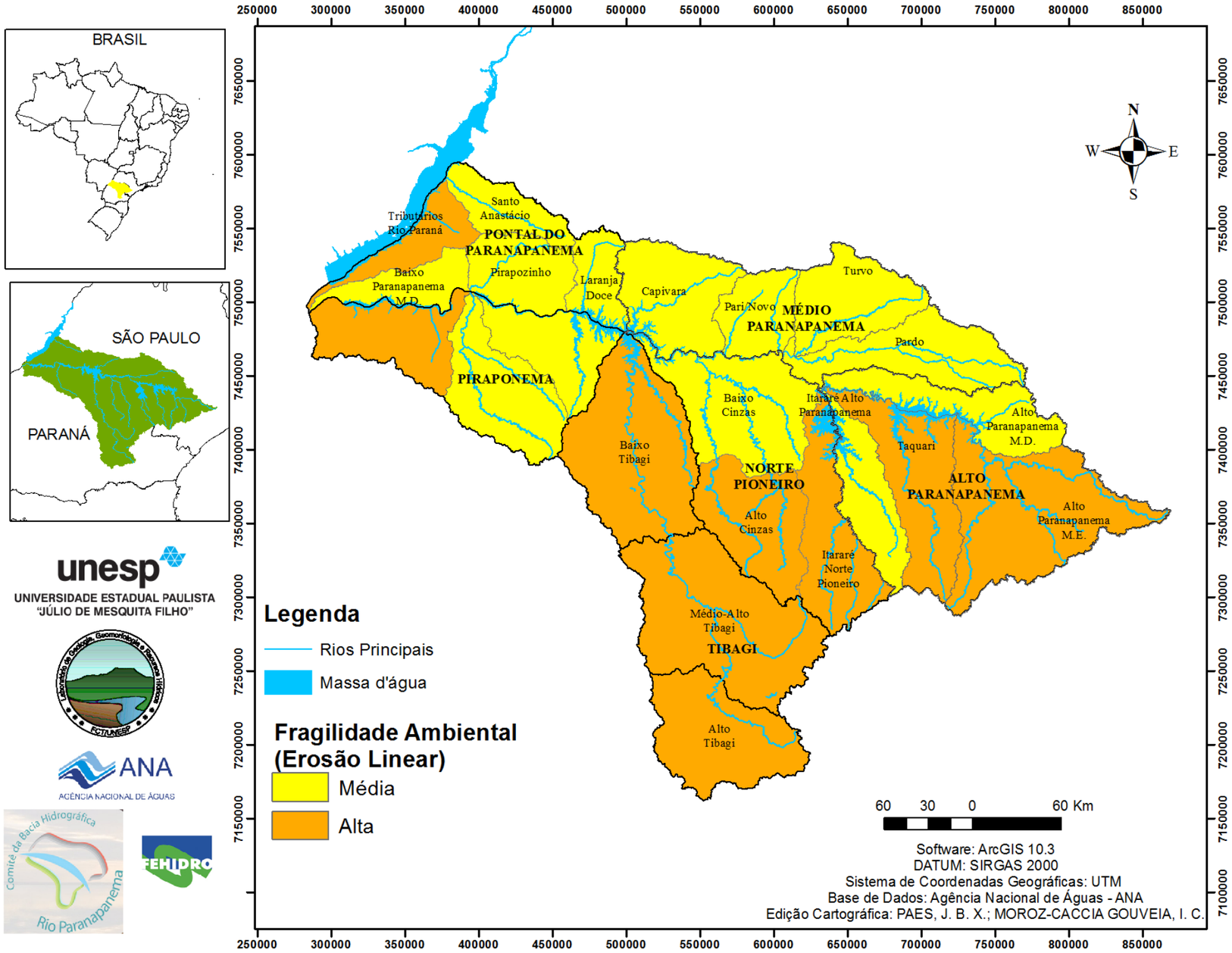




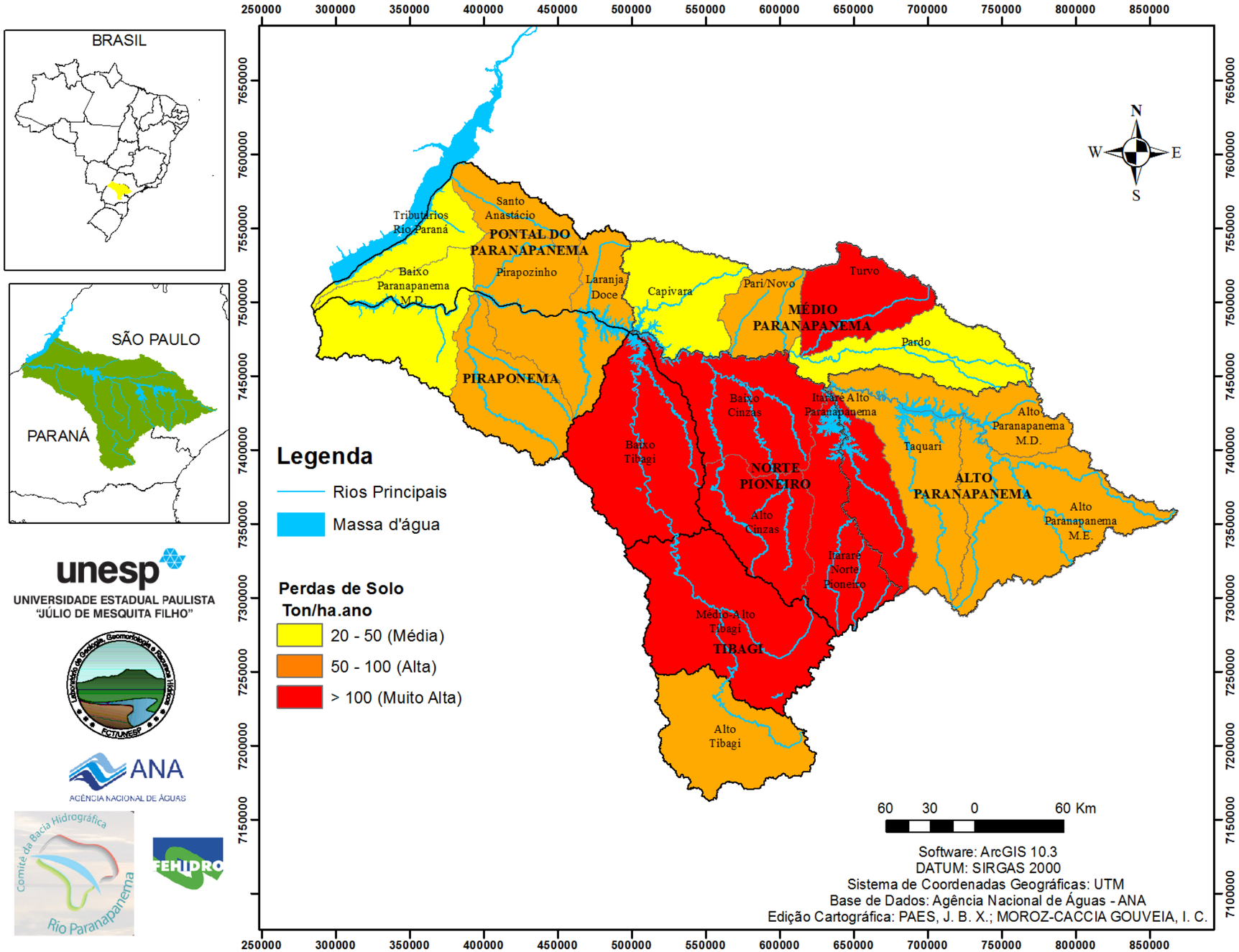


SÍNTESE

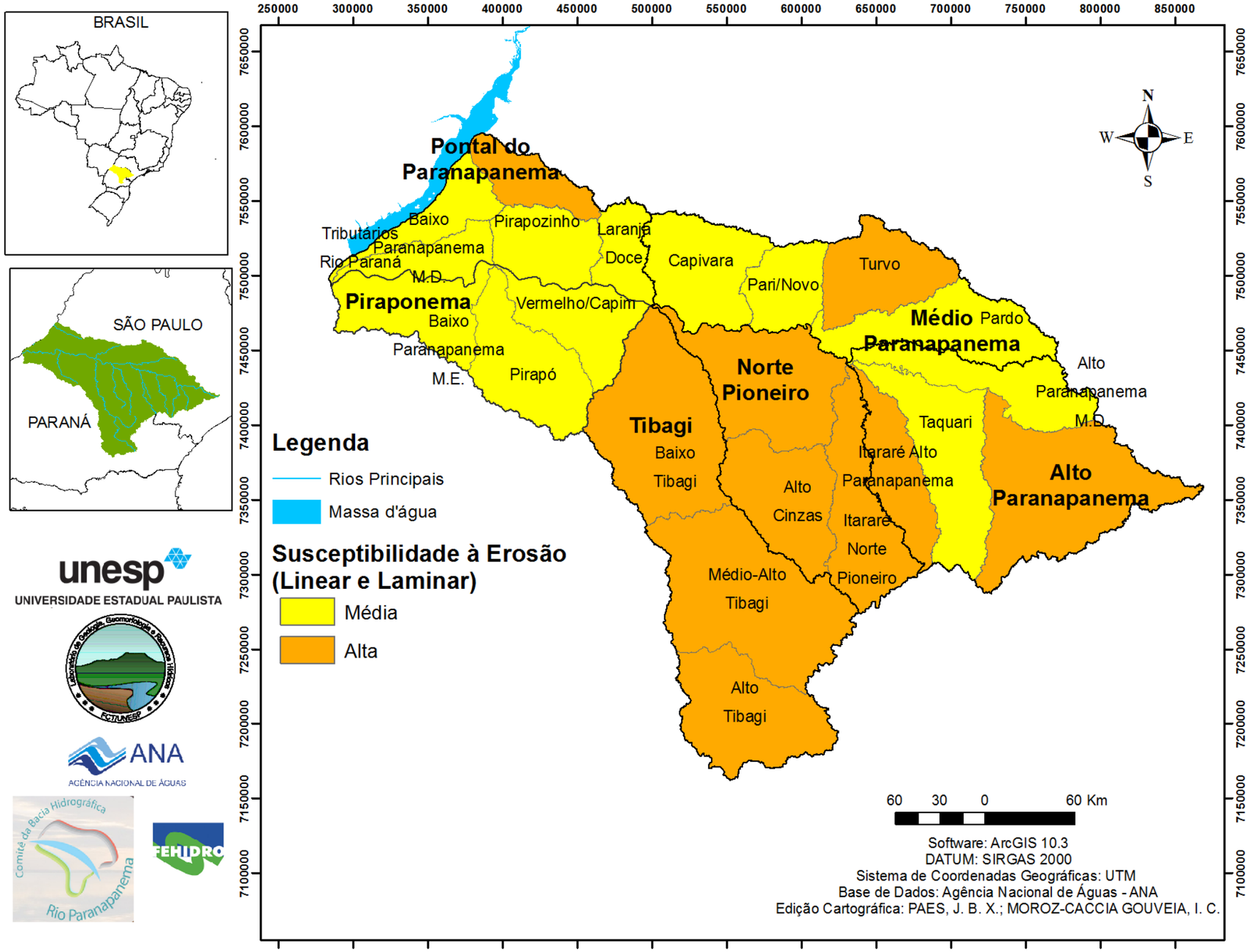
Mapa 39 - Mapa de Fragilidade Ambiental (Erosão Linear)- Médias das UGHs



Mapa 40 - Mapa de Estimativa de Perdas de Solo (Erosão Laminar) - Médias das UGHs



Mapa 41 - Mapa de Susceptibilidade à Erosão (Erosão Linear e Laminar) - Médias das UGHs



Referências Bibliográficas

ANA (Agência Nacional de Águas) **Nota Técnica 1: Diagnóstico Físico, Biótico e Socioeconômico,** Brasília, 2014. Disponível em: http://paranapanema.org/plano/admin/upload/documento/64.pdf. Acesso em janeiro de 2018.

ANA (Agência Nacional de Águas) **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Paranapanema**, Brasília, 2016. Disponível em: http://paranapanema.org/file/pirh/PIRH_final.zip. Acesso em janeiro de 2018.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392 p.

BHERING, S. B. et al. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. escala 1:600.000, Embrapa Solos, Rio de Janeiro: 2007. 73 p.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (1994) **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1994, p.415-441.

GUERRA, A.J.T. A erosão de solos no contexto social. **Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro**, v. 17, Rio de Janeiro, 1994, p. 14-23.

IIRR. INTERNATIONAL INSTITUTE OF RURAL RECONSTRUCTION. **Sustainable Agriculture Extension Manual**. Disponível em: http://www.iirr.org/saem/contents.htm. Acesso em 15 de agosto de 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo - Síntese. São Paulo: IPT/DAEE. (IPT, Relatório 36071). 1997.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. et al. Contribuição ao planejamento de Recursos Hídricos em bacia hidrográfica: Geomorfologia e Fragilidade Geoambiental da UGRH Paranapanema. **Revista do Departamento de Geografia,** 27, São Paulo, 2014, p. 21-46

OKA-FIORI, C., SANTOS, L. J. C., CANALI, N. E., FIORI, A. P., SILVEIRA, C. T., SILVA, J. M. F., ROSS, J. L. S. Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná: escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:650.000. MINEROPAR, Curitiba, 2006.

OKA-FIORI, C., SANTOS, L. J. C., CANALI, N. E., FIORI, A. P., SILVEIRA, C. T., SILVA, J. M. F., ROSS, J. L. S. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná: escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:650.000**. MINEROPAR**,** Curitiba, 2006.

OLIVEIRA, J. B. et al. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo,** escala 1:500.000, IAC/Embrapa, Campinas, 1999.

PULIDO GÓMEZ, J. D. **Estimativa de erosão pela Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) e transferência de sedimentos para todo o território Brasileiro**. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012, 89p.

RIBEIRO, L. S.; ALVES, M. G. Quantificação de perda de solo por erosão no município de Campos dos Goytacazes/RJ através de técnicas de geoprocessamento. In: **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, Florianópolis, 2007. p. 3039-3046

RODRIGUES, C. **Geomorfologia Aplicada: Avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros**. (Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, FFLCH-USP), São Paulo,.1997, 280p

ROSS, J. L. S. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia nº.9**. FFLCH-USP: São Paulo. 1995, 65-75p.

ROSS, J. L. S. & MOROZ, I. C. Geomorfologia Aplicada aos Projetos de Planejamento. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (orgs) **Geomorfologia: Novas Bases e Conceitos – Livro de Exercícios**. Ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeir, 1995. p.311-334

ROSS, J. L. S. & MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo escala 1:500.000**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia, Departamento de Geografia FFLCH – USP/IPT/FAPESP, 1997, vols. I e II.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia nº 8**, São Paulo, 1994. p.63-74

SANTOS, L. J. C. et al. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia** – Ano 7, n°2, São Paulo, 2006.

SANTOS, L. J. C., OKA-FIORI, C., CANALI, N. E., FIORI A. P., SILVEIRA, C. T., FRANÇA DA SILVA, J. M. Mapeamento de Vulnerabilidade Geoambiental do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v.37, n. 4, São Paulo, 2007, p. 812-820

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N.E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J.M. F. & ROSS, J. L. S. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia** – Ano 7, n°2, São Paulo, 2006.

SILVA, A. M.; ALVARES, C. A. Levantamento de informações e estruturação de um banco de dados sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo. **Revista Geociências**, v. 24, São Paulo, 2005, p. 33-41.

SIVERTUN, A.; PRANGE, L. Non-point source critical area analysis in the Gisselö watershed using GIS. **Environmetal Modelling & Software 18**, 2003, p. 887 – 898. Disponível em: https://ai2-s2-pdfs.s3.amazonaws.com/28ef/fecfd0d4427cccf294fb7bfdf756da676d27.pdf. Acesso em janeiro de 2018.

SUGUIO, K. A Importância da Geomorfologia em Geociências e Áreas Afins. In **Revista Brasileira de Geomorfologia, vol. 1, n. 1**. 2000, p.80-87.

TALLIS, H.; et al. **InVEST 2.3.0 user's guide: interated valuation of environmental services and tradeoffs.** Disponível em: http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST. Acesso em janeiro 2018.

THOMPSON, D.; FIDALGO, E. C. C. Vulnerabilidade dos Solos à Erosão: Estimativa da Perda de Solos na Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu – RJ, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 237, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2015. 30 p.

TOMINAGA, L. K.: SANTORO, J. & AMARAL, R. do (Orgs). **Desastres naturais: conhecer para prevenir,** Instituto Geológico, São Paulo, 2009, 196p.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** FIBGE/SUPREN, Rio de Janeiro, 1977, 97p.

WALTRICK, P. C. et al. Estimativa da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: atualização com dados de 1986 a 2008. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, n. 1, Viçosa, 2015, p.256-267. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832015000100256&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em janeiro de 2018. http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbcs20150147.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. USDA-ARS Agriculture Handbook, Washington DC, 1978.

GLOSSÁRIO

ANA – Agência Nacional de Águas

Argissolo - São solos constituídos 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.

Atlas - Vem do grego, era o nome de um titã que, castigado pelos deuses, devia suportar o mundo, carregando-o nos ombros. Passou depois a designar a coleção de mapas que registram a geografia do planeta.

Bacia Hidrográfica – refere-se ao conjunto do território e de rios afluentes que fazem a drenagem das águas para esse curso de água estrutural, que costuma desaguar num oceano.

Cambissolo - são solos constituídos por material mineral com horizonte A ou hístico com espessura insuficiente para a classe dos Organossolos, seguido de horizonte B incipiente subjacente.

CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica

Cenozóico – Na divisão da escala de tempo geológico, é uma era geológica que se iniciou há 65 milhões de anos e se estende até a atualidade.

Cinturão Orogênico – São áreas de complexidade rochosa e estrutural, geradas pelos dobramentos acompanhados de intrusões, vulcanismo, abalos sísmicos e falhamentos.

Erodibilidade - É a susceptibilidade de um solo em sofrer erosão.

Erosividade - Fator ou capacidade medida da intensidade dos diferentes agentes geológicos (chuva, em especial, gelo, vento, rios, mares), em promover a erosão de um determinado tipo de solo ou terreno geológico.

Gleissolos - São solos constituídos por material mineral com horizonte glei (acinzentando) iniciando-se dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente acima de horizonte A ou E.

GT – Grupo de trabalho no Comitê de Bacia Hidrográfica.

Háplico - Na classificação de solos, o termo “Háplico” refere-se às possibilidades de classificação não atendidas na classificação listadas de solos da EMBRAPA (2006).

Latossolo - São solos constituídos predominantemente por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm ou 300 cm da superfície do solo, se o horizonte A apresentar mais que 150 cm de espessura.

Litossolo - Constituem uma família de solos rasos, rochosos, colocados imediatamente sobre a rocha, não apresentando portanto, horizontes pedológicos diferenciados. Podem ser eutróficos ou distróficos

Morfodinâmica – Estudo etiológico das formas e das condições da evolução dessas formas. Morfo+dinâmica.

Neossolo flúvico - Os neossolos flúvicos são solos minerais não hidromórficos, oriundos de sedimentos recentes referidos ao período Quaternário. São formados por sobreposição de camadas de sedimentos aluviais recentes sem relações pedogenéticas entre elas, devido ao seu baixo desenvolvimento pedogenético.

Organossolos - São solos orgânicos, escuros, com presença de muitos restos vegetais não decompostos ou semidecompostos, formados quase que exclusivamente em condições de saturação com água, e, por isso, estão presentes principalmente nas planícies ou várzeas inundáveis.

Pedológico - Do grego pedon (solo, terra), é o nome dado ao estudo dos solos no seu ambiente natural. É ramo da geografia física, e é um dos dois ramos das ciências do solo, sendo o outro a edafologia.

Raster – Em geoprocessamento, é o armazenamento de arquivos em formato matricial.

Saneamento Ambiental – É o conjunto de investimentos públicos em políticas de controle ambiental que busca resolver os graves problemas gerados na infraestrutura das cidades, contribuindo para uma melhor qualidade de vida da população.

UGRHI - Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

UPH - Unidade de Planejamento Hídrico.

Vertente - É algo que verte, que derrama. O significado é normalmente aplicado em vertente de água. Uma vertente de água é qualquer superfície com determinada inclinação que permita o escoamento de água. Em Geografia, vertente é o declive de um dos lados de um terreno, por onde escoa a água da chuva.