



Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí



Sumário

Apresentação	8
Equipe técnica.....	9
Introdução	10
A recuperação da vegetação em um contexto global	10
Vegetação ciliar e recuperação ambiental	11
Serviços ambientais e recuperação da vegetação	12
Recuperação da vegetação e a adequação ambiental e agrícola.....	13
Objetivos	14
Marco legal	14
Áreas de Preservação Permanente: localização e tamanho	15
Reserva legal: localização e tamanho	16
Material e métodos	17
Área de estudo.....	17
Geoprocessamento	17
Delimitação da área de estudo	17
Segmentação da área de estudo.....	17
Etapas do geoprocessamento	18
Vegetação	18
Formações.....	19
Composição e aspectos estruturais.....	24
Resultados.....	25
Uso e ocupação do solo	25
Agricultura	25
Área edificada	25
Áreas úmidas.....	25
Areia.....	25
Campos/pastagens.....	30
Corpos d'água	30
Florestas.....	30
Mineração	30
Mosaico florestas/áreas úmidas	30
Silvicultura.....	30
Conflitos – áreas convertidas e vetores de pressão	47

Vegetação: formações e espécies mais características.....	62
Florestas.....	62
Áreas úmidas.....	75
Campos	77
Composição e aspectos estruturais	78
Espécies de interesse especial para recuperação da vegetação ciliar.....	87
Conceitos e métodos para a recuperação.....	91
Plantio ao acaso	94
Modelo sucessional.....	94
Plantio por sementes	94
Escolha do método de recuperação adequado.....	95
Procedimentos operacionais para a recuperação.....	95
Escolha apropriada das espécies.....	96
Cercamento da área.....	96
Controle de pragas.....	96
Limpeza da área	97
Abertura de covas	98
Adubação de base.....	98
Plantio	98
Coroamento	99
Irrigação	99
Replantio.....	99
Adubação de cobertura	100
Manutenção.....	100
Avaliação e monitoramento das áreas.....	101
Considerações finais	102
Referências bibliográficas	103

Índice de Figuras

Figura 1. Pontos amostrais em um complexo de formações vegetacionais em Rio Pardo (≈1.000 ha).	22
Figura 2. Perfil esquemático das zonas topográficas a partir da margem do rio.	22
Figura 3. Perfil esquemático das tipologias vegetacionais e aspectos fisiográficos mais característicos a partir da margem do rio Jacuí.	23
Figura 4. Agricultura com lavouras muito próximas à margem do rio.	26
Figura 5. Agricultura: plantios na várzea: A – soja; B – drenagem da várzea; C - arroz irrigado; D – milho.	26
Figura 6. Área edificada: vista parcial da área urbana de Rio Pardo.	27
Figura 7. Área edificada: vista parcial da área urbana de Triunfo a partir do rio Jacuí.	27
Figura 8. Áreas úmidas: mosaico de espelhos d’água, macrófitas aquáticas, arbustos e árvores.	28
Figura 9. Área úmida com vegetação circundante suprimida, provavelmente arbórea.	28
Figura 10. Areia: banco de areia formado por deposição nas margens do rio Jacuí.	29
Figura 11. Areia: banco de areia formado por deposição nas margens do rio Jacuí.	29
Figura 12. Campos/pastagens na beira do Jacuí (centro).	31
Figura 13. Campos de encosta próximos à planície de inundação em Rio Pardo.	31
Figura 14. Corpos d’água: lagoas marginais cercadas por florestas.....	32
Figura 15. Corpos d’água: lagoa das Pombas, Rio Pardo, com a margem vegetada ao fundo...	32
Figura 16. Florestas de tipologias variadas ao longo do rio Jacuí.....	33
Figura 17. Floresta sobre o dique marginal próximo à foz da Sanga do Cabral, Rio Pardo.	33
Figura 18. Mineração de areia próxima à margem do rio Jacuí.	34
Figura 19. Mineração de areia em Triunfo.....	34
Figura 20. Mosaico de florestas e áreas úmidas intercaladas, Rio Pardo.....	35
Figura 21. Mosaico de floresta de várzea com área úmida.....	35
Figura 22. Silvicultura de eucalipto muito próxima da margem do rio Jacuí.	36
Figura 23. Silvicultura sobre o terraço ou encosta (segundo plano), antecedida pela planície de inundação.	36
Figura 24. Conflitos – Áreas convertidas e vetores de pressão na faixa de Área de Preservação Permanente em várzeas. A, B, C, E, G e H – Áreas convertidas em pastagens; D – Várzea convertida em pastagens e silvicultura (encosta ao fundo); F – Pastagens se estendendo até a margem do rio.	49
Figura 25. Intervenções antrópicas e conflitos na faixa de Área de Preservação Permanente. A e B – Alterações na paisagem decorrentes da Eclusa de Amarópolis; C – Alterações na paisagem decorrentes da Eclusa Anel de Dom Marco; D, E e F – Margem estável sendo erodida e falta de cobertura vegetal; G – Margem erosiva com (esquerda) e sem vegetação (direita); H – Margem erosiva vegetada na curva do rio (H).	50
Figura 26. Destruição e alterações em Áreas de Preservação Permanente. A – Contraste entre margem estável vegetada (direita) e não vegetada (esquerda); B e C – Margem estável sem vegetação muito desgastada; D – Margem estável erodida; E – Margem erosiva sem vegetação; F, G e H – Acúmulo de sedimentos e destruição em margem deposicional por ausência de vegetação na margem erosiva oposta (E).	51
Figura 27. Camboizal: formação dominada por indivíduos de camboim (<i>Myrciaria tenella</i>)...	63

Figura 28. Camboinzal associado a outras espécies de Myrtaceae (“matinha de mirtáceas”, <i>sensu</i> Rambo 1956).....	63
Figura 29. Floresta de várzea junto à foz do arroio Capivari (metade direita da imagem), Rio Pardo.....	64
Figura 30. Floresta de várzea com muitos taquaruçus-de-espinho (<i>Guadua trinii</i>).	65
Figura 31. Floresta de várzea e sarandis (junto à água) na lagoa das Pombas, Rio Pardo.	65
Figura 32. Floresta de várzea com salgueiros (<i>Salix humboldtiana</i>) próxima ao Delta do Jacuí, Triunfo.	66
Figura 33. Florestas de várzea: A – Floresta alagada; B – Floresta com vala e numerosos escombros lenhosos; C – Efeitos de microvariações topográficas sobre a drenagem e a vegetação; D – Floresta com taquaruçus-de-espinho (<i>Guadua trinii</i>).....	67
Figura 34. Florestas de várzea: A – Floresta contígua ao dique marginal; B – Transição entre uma área mal drenada e outra alagada; C – Floresta sujeita a longos períodos de inundação; D – Floresta sujeita a breves períodos de inundação.	68
Figura 35. Floresta de branquinhos (<i>Gymnanthes klotzschiana</i>).	69
Figura 36. Floresta de branquinhos: A – Aspecto exterior da formação; B – Aspecto interior da formação.....	69
Figura 37. Floresta de ingazeiros: Aspecto exterior em área do rio sem dique marginal.	70
Figura 38. Floresta de ingazeiros: A – Ingás-de-beira-de-rio (<i>Inga vera</i>) colonizando a várzea; B – Floresta de ingazeiros na beira do rio Jacuí, São Jerônimo.	70
Figura 39. Floresta estacional sobre dique marginal no rio Jacuí, Rio Pardo.	72
Figura 40. Floresta estacional de encosta na margem da lagoa do Vasco, Cachoeira do Sul.....	73
Figura 41. Floresta estacional de encosta (segundo plano) após a planície (primeiro plano), Cachoeira do Sul.	73
Figura 42. Florestas estacionais: A – Floresta de encosta, General Câmara; B – Floresta bem drenada na planície de inundação sob a influência de pastejo; C – Floresta sujeita a breves períodos de inundação; D – Floresta sobre o dique marginal.....	74
Figura 43. Área de banhado a oeste do Porto Batista, Triunfo.	75
Figura 44. Maricazal próximo à foz do rio Botucaraí, Cachoeira do Sul.	76
Figura 45. Sarandizal na Fazenda Lagoa dos Coqueiros, Rio Pardo.....	76
Figura 46. Macrófitas (primeiro plano), sarandizal (segundo plano) e floresta de várzea (terceiro plano) na lagoa Moderna, Cachoeira do Sul.	77
Figura 47. Contato campo-floresta próximo à várzea do Jacuí, Rio Pardo.....	77
Figura 48. Famílias com maior riqueza de espécies arbóreas no levantamento da vegetação ao longo do Jacuí.	87
Figura 49. Distribuição das espécies-chave de acordo com a drenagem no terreno.	90
Figura 50. Etapas decisivas para o planejamento de recuperação da vegetação. Adaptado de Botelho <i>et al.</i> (2015).	95

Índice de Mapas

Mapa 1. Localização da área de estudo e segmentação em três trechos, de jusante a montante: Trecho 1 – entre a foz do Delta do Jacuí e a Eclusa de Amarópolis; Trecho 2 – entre a Eclusa de Amarópolis e a Eclusa Anel de Dom Marco; e Trecho 3 – entre a Eclusa Anel de Dom Marco e a foz do rio Vacacaí.....	20
Mapa 2. Localização dos pontos de amostragem na área de estudo ao longo dos três trechos: Trecho 1 – entre a foz do Delta do Jacuí e a Eclusa de Amarópolis; Trecho 2 – entre a Eclusa de Amarópolis e a Eclusa Anel de Dom Marco; e Trecho 3 – entre a Eclusa Anel de Dom Marco e a foz do rio Vacacaí.....	21
Mapa 3. Classificação do uso e ocupação do solo nos Trechos 1, 2 e 3 da área de estudo.	37
Mapa 4. Classificação do uso e ocupação do solo no Trecho 1 da área de estudo.	38
Mapa 5. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento oeste do Trecho 1 da área de estudo.	39
Mapa 6. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento leste do Trecho 1 da área de estudo.	40
Mapa 7. Classificação do uso e ocupação do solo no Trecho 2 da área de estudo.	41
Mapa 8. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento oeste do Trecho 2 da área de estudo.	42
Mapa 9. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento leste do Trecho 2 da área de estudo.	43
Mapa 10. Classificação do uso e ocupação do solo no Trecho 3 da área de estudo.	44
Mapa 11. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento oeste do Trecho 3 da área de estudo.	45
Mapa 12. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento leste do Trecho 3 da área de estudo.	46
Mapa 13. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no baixo rio Jacuí.....	52
Mapa 14. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no Trecho 1 do baixo rio Jacuí.....	53
Mapa 15. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento oeste do Trecho 1 do baixo rio Jacuí.	54
Mapa 16. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento leste do Trecho 1 do baixo rio Jacuí.	55
Mapa 17. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no Trecho 2 do baixo rio Jacuí.....	56
Mapa 18. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento oeste do Trecho 2 do baixo rio Jacuí.	57
Mapa 19. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento leste do Trecho 2 do baixo rio Jacuí.	58
Mapa 20. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no Trecho 3 do baixo rio Jacuí.....	59
Mapa 21. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento oeste do Trecho 3 do baixo rio Jacuí.	60

Mapa 22. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento leste do Trecho 3 do baixo rio Jacuí.	61
---	----

Índice de Quadros

Quadro 1. Espécies, famílias e respectivos nomes populares, grupos ecológicos, síndromes de dispersão, distribuição no terreno (classes de drenagem) e de acordo com as zonas ciliares. .	80
---	----

Índice de Tabelas

Tabela 1. Classes de cobertura e uso do solo nos três trechos na área de estudo (valores em hectares).	25
Tabela 2. Atributos das espécies arbóreas e arborescentes amostradas por zonas no rio Jacuí.	78
Tabela 3. Espécies recomendadas para recuperação da vegetação no baixo rio Jacuí.	88

Apresentação

O presente estudo técnico, que resulta do esforço conjunto de equipes de trabalho da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB/RS) e Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), apresenta dados e informações originais, análises e recomendações em forma de diretrizes para a recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí.

O estudo é um desdobramento da Ação Civil Pública nº 5026100-41.2013.404.7100/RS, referente ao “Zoneamento Ambiental para a atividade de mineração de areia nos cursos médio e baixo do rio Jacuí.” Entre os estudos e etapas previstos, determinou-se a elaboração de um diagnóstico das Áreas de Preservação Permanente (APPs) no baixo Jacuí, bem como a geração de bases técnicas e científicas para ações de recuperação das mesmas, ficando sua concepção e execução com a FZB e a supervisão a cargo da FEPAM.

Em janeiro de 2016 foi publicada a Portaria FZB 2971/2016 instituindo o grupo de trabalho para a elaboração das diretrizes. No mês seguinte foi realizada a primeira reunião técnica entre FZB e FEPAM, onde se discutiram aspectos relativos à estruturação e execução do estudo. Em maio do mesmo ano foi proposto e aprovado o plano de trabalho e tiveram início as atividades de campo para a coleta de dados.

O trabalho seguia o cronograma estabelecido quando em 2017, durante o plano de extinção da FZB promovido pela então administração do Estado, as atividades de campo foram suspensas por quase um ano, atrasando consideravelmente o cronograma de execução. Em março de 2018, como desdobramento do processo de extinção, ocorreu a demissão do coordenador do projeto, Luiz Carlos da Silva. Para dar continuidade ao trabalho, realizou-se em maio nova reunião técnica entre FZB e FEPAM e em junho foi publicada a Portaria FZB 3128/2018 designando uma nova equipe técnica. Após esses contratemplos, deu-se prosseguimento ao trabalho e em setembro de 2018 encerraram-se as atividades de campo. Cabe ressaltar que algumas das atividades previstas no plano de trabalho jamais puderam ser executadas, lacunas essas que foram apenas parcialmente contornadas.

Um bom diagnóstico ambiental deve avaliar os aspectos bióticos, edáficos e hídricos para reunir as informações necessárias às definições técnicas que direcionarão o planejamento. Para o êxito das atividades de recuperação, precisa também conter um referencial teórico e legal sobre a região a ser estudada, bem como sobre o(s) tipo(s) de ecossistema(s). A escolha das espécies deve se basear em inventários de remanescentes naturais da região, garantindo que as espécies escolhidas sejam adaptadas às características das áreas a serem recompostas.

O estudo apresenta inicialmente uma introdução sobre a recuperação da vegetação em um contexto global, a respeito de vegetação ciliar e serviços ambientais, bem como sobre a recuperação da vegetação no tocante à adequação ambiental e agrícola. Em seguida, são apresentados os objetivos e o marco legal referente às APPs e Reserva Legal. Após, descrevem-se a área de estudo e os métodos e convenções adotados para o geoprocessamento e as pesquisas e análises da vegetação, apresentando-se então os resultados, incluindo conflitos e vetores de pressão. Por fim, discorre-se sobre procedimentos para a recuperação e conclui-se com um breve comentário sobre a avaliação e monitoramento das áreas a serem recuperadas.

Equipe técnica

Ari Delmo Nilson (botânica e equipe de apoio)

Jardim Botânico de Porto Alegre – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Clarice Glufke (botânica e equipe de apoio)

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM/RS

Davi Chemello (equipe de apoio)

Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura – SEMA/RS

Jan Karel Felix Mähler Jr. (conservação e ecologia)

Museu de Ciências Naturais – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Jorge Cesarino Dupont (equipe de apoio)

Jardim Botânico de Porto Alegre – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Josy Zarur de Matos (equipe de apoio)

Museu de Ciências Naturais – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Luiz Carlos da Silva (coordenação geral)

Jardim Botânico de Porto Alegre – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Lilian Waquil Ferraro (geoprocessamento)

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM/RS

Marcos Vinicius Cazali (geoprocessamento)

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM/RS

Mariano Pairet (equipe de apoio)

Museu de Ciências Naturais – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Martin Molz (coordenação geral, coordenação técnica, botânica e ecologia)

Museu de Ciências Naturais – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Natividade Ferreira Fagundes (botânica e ecologia)

Jardim Botânico de Porto Alegre – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Priscila Porto Alegre Ferreira (botânica e ecologia)

Jardim Botânico de Porto Alegre – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Rejane Valdameri (geoprocessamento)

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM/RS

Ricardo Aranha Ramos (geoprocessamento)

Museu de Ciências Naturais – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Introdução

A recuperação ambiental é uma questão cada vez mais amplamente discutida e elencada como estratégia no âmbito da gestão ambiental, com avanços significativos nas últimas décadas através de estudos básicos e aplicados. Nesse contexto, a vegetação ciliar se destaca devido a sua reconhecida importância na integridade dos recursos hídricos e na manutenção dos ecossistemas associados, o que garantiu sua inclusão na legislação brasileira como áreas que devem ser protegidas. Além disso, a conservação desses ambientes, bem como sua recuperação, representa a manutenção de diversos benefícios para a população, diretamente ou indiretamente, os quais englobam também as gerações futuras. Considerando a importância desses ecossistemas e a obrigatoriedade de sua proteção legal, um fator relevante para as propriedades rurais é a adequação agrícola complementar à adequação ambiental, aprimorando o uso e cobertura dos solos e promovendo, assim, benefícios sociais, econômicos e ambientais para a comunidade. A seguir, comentam-se de maneira mais contextualizada e aprofundada os aspectos elementares para a compreensão do tema e dos capítulos seguintes.

A recuperação da vegetação em um contexto global

Ao longo da história, o processo de ocupação caracterizou-se, de modo geral, pela falta de planejamento e conseqüente destruição dos recursos naturais, principalmente as florestas. Assim, a vegetação nativa foi sendo fragmentada nos diferentes biomas e substituída por culturas agrícolas, pastagens, obras de infraestrutura e urbanização.

As atividades de recuperação da vegetação nativa são muito antigas, havendo exemplos na história de diferentes povos, épocas e regiões. Entretanto, caracterizavam-se por não terem vínculos estreitos com concepções teóricas e, somente nas últimas quatro décadas, a recuperação de áreas degradadas constituiu-se em um campo de conhecimento em nível global, sendo geralmente denominado de restauração ecológica, dispondo até de veículos de divulgação próprios como livros e periódicos (Rodrigues & Gandolfi 2009). A restauração ecológica é essencialmente uma tentativa de superar artificialmente os fatores que consideramos como restritivos ao desenvolvimento do ecossistema (Bradshaw 1990).

No Brasil, importantes subsídios para a recuperação de áreas degradadas têm surgido com base em estudos sobre ecologia florestal nos diferentes ecossistemas impactados, onde diversos temas têm sido explorados, como a composição florística, a estrutura de comunidades, a dinâmica de clareiras, a regeneração natural e os parâmetros estruturais e genéticos das populações (Pereira *et al.* 2015).

O acréscimo expressivo de conhecimento acerca dos processos envolvidos na dinâmica de formações naturais – conservadas ou em diferentes graus de degradação – tem conduzido a uma significativa mudança na orientação dos programas de recuperação, que deixam de ser uma mera aplicação de práticas agrônômicas ou silviculturais de plantios de espécies perenes para assumir a difícil tarefa de reconstrução de processos ecológicos e, portanto, das complexas interações em comunidades, respeitando suas características intrínsecas, de forma a garantir sua perpetuação e evolução no espaço e no tempo. Neste sentido, a escolha adequada das espécies a serem utilizadas na recuperação de certa área representa uma das principais garantias para o sucesso do processo de recuperação (Rodrigues & Gandolfi 2009).

Vale ressaltar que muitos projetos de reflorestamento com espécies nativas fracassaram devido ao pouco conhecimento dos técnicos e empreendedores sobre a biologia das espécies utilizadas ou seu comportamento em reflorestamentos artificiais, e à falta de critérios técnicos, fundamentados em investigações científicas, no conhecimento da dinâmica de florestas naturais ou, ainda, na tecnologia de colheita das sementes ou de produção das mudas (Barbosa 2009). O empenho de diferentes atores, sobretudo dos proprietários de áreas a serem recuperadas, é da mesma forma chave para um processo exitoso (Botelho *et al.* 2015).

Muitas questões importantes ainda persistem com relação à utopia de “refazer” uma floresta com toda a complexidade de sua biodiversidade. Nesse sentido, o papel da pesquisa é fundamental para descobrir quais componentes e processos são essenciais no trabalho de recuperação (Kageyama & Gandara 2009).

Para que os projetos de recuperação ambiental contribuam efetivamente para a redução dos efeitos indesejados da fragmentação de habitat na biodiversidade remanescente, eles devem ser conduzidos em larga escala, abrangendo de centenas a milhares de hectares, de forma a interligar estrategicamente os vários fragmentos naturais isolados pela atividade antrópica na paisagem regional. De forma semelhante, só haverá volumes relevantes de carbono retidos na biomassa florestal e mananciais hídricos devidamente protegidos se extensas áreas degradadas, ocupadas hoje com atividade agropecuária, forem reconvertidas em ecossistemas naturais (Brançalion *et al.* 2015).

Com o crescimento dessa área da ciência, diversos termos surgiram para definir esse tipo de atividade, como recuperação, restauração *stricto sensu*, restauração *lato sensu*, reabilitação e redefinição, os quais correspondem a diferentes objetivos que poderiam ser atingidos em uma dada recuperação, dependendo das condições de degradação em que se encontra a área e do grau de intervenção necessário para a obtenção dos resultados esperados. Neste trabalho, optou-se pela utilização do termo “recuperação” como uma denominação genérica que abarca os demais termos mencionados e que representa o conjunto de estratégias e ações objetivando o melhoramento ambiental de uma área degradada. A visão científica e as leis em sua essência concebem a recuperação ambiental como a reaproximação, o quanto possível, das condições originais de flora, fauna, solo, clima e recursos hídricos que existiam originalmente em determinado local (Reis *et al.* 2015).

É importante enfatizar que o processo de recuperação de áreas degradadas é uma consequência do uso incorreto da paisagem e, fundamentalmente, dos solos, sendo apenas uma tentativa limitada de remediação de um dano que, na maioria das vezes, poderia ter sido evitado (Rodrigues & Gandolfi 2009).

Vegetação ciliar e recuperação ambiental

A vegetação ciliar é composta, majoritariamente, por formações florestais. Floresta ou mata ciliar, conforme a legislação brasileira, é uma designação genérica de qualquer formação florestal ocorrente na margem de cursos d’água (Rodrigues 2009), embora exista uma terminologia própria para definir as formações florestais na margem de cursos d’água, conforme suas características; para efeitos práticos, os trabalhos de recuperação ambiental têm utilizado uma definição genérica, adotando o termo mata ciliar. Além das florestas, outras formações também podem compor a vegetação ciliar, como campos e áreas úmidas.

As pesquisas realizadas em formações ciliares têm demonstrado a existência de mosaicos vegetacionais nessas áreas, resultantes não somente do desempenho diferencial das espécies na dinâmica sucessional, mas principalmente da heterogeneidade ambiental característica das faixas ciliares, composta pelas variações edáficas, topográficas, de encharcamento do solo, das formações vegetais do entorno, das características hidrológicas da bacia e do curso d'água, etc. A variabilidade desse conjunto de fatores produz condições ecológicas distintas entre áreas (Rodrigues & Shepherd 2009).

A importância ambiental das formações ciliares na manutenção da integridade dos recursos hídricos, representada por sua ação direta em processos que garantem a estabilidade da microbacia, a manutenção da água e dos ecossistemas associados, foi legalmente reconhecida pelo Código Florestal Brasileiro desde 1965, e tem sido foco de diversos estudos nas últimas décadas (Lima & Zakia 1998).

São consideradas as principais causas de degradação das matas ciliares o desmatamento para a extensão da área de cultivo nas propriedades rurais, para extensão de áreas urbanas e para obtenção de madeira; incêndios naturais ou por efeitos antrópicos; extração de areia dos rios; empreendimentos turísticos mal planejados; dentre outros (Martins 2007). Nas áreas mais populosas no Brasil, as florestas ciliares foram reduzidas drasticamente e, quando presentes, encontram-se usualmente bastante perturbadas (Barbosa 2009).

A partir da década de 90, devido à conscientização da sociedade, bem como à exigência legal através da Lei nº 12.651/2012 (Brasil 2012), foi observado um grande aumento das iniciativas de recuperação de áreas degradadas, sobretudo em áreas ciliares. Extensos programas de pesquisa já obtiveram resultados expressivos, com a redução de custos e de tempo na recuperação da vegetação (Kageyama & Gandara 2009).

Serviços ambientais e recuperação da vegetação

Os serviços ambientais ou ecossistêmicos constituem os benefícios que a população obtém dos ecossistemas. Tais serviços têm sido classificados em quatro grupos principais de acordo com a sua função: serviços de regulação, de provisão, de suporte e culturais. Os serviços reguladores são os que influenciam na regulação do clima, de inundações, de doenças, de resíduos e na qualidade das águas. Os de provisão são os mais facilmente reconhecíveis pela população, pois fornecem produtos como alimentos, água, madeira, fibras e combustível. Aqueles que asseguram a disponibilização de outros serviços são considerados de suporte, como é o caso da formação de solos, da fotossíntese, da polinização (essencial à produção de frutos e sementes) e da ciclagem de nutrientes. Por fim, os serviços culturais trazem benefícios relacionados à recreação, educação, estética e espiritualidade (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

A promoção do entendimento de serviços ambientais como meio de valorar os ecossistemas e avaliar os benefícios advindos dos recursos naturais é uma tendência importante. É particularmente considerável no caso da conservação da biodiversidade, onde os valores são frequentemente difíceis de serem descritos em termos econômicos. O conceito de serviços ambientais pode sustentar decisões eficazes sobre recursos naturais, incluindo compensações (Wallace 2007).

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), durante a COP 7 (Decisão VII/30), definiu a perda de biodiversidade como “a redução qualitativa ou quantitativa em longo prazo ou permanente dos componentes da biodiversidade e seu potencial para prover produtos e serviços, em níveis regional, nacional e global.” Portanto, considera-se que a biodiversidade pode ser perdida não somente quando há perda de diversidade biológica (extinção de espécies), mas também quando o potencial dos componentes da diversidade em prover um serviço em particular é reduzido. Tal definição demonstra o consenso atual sobre a relevância dos serviços ambientais.

Os benefícios ambientais proporcionados pela recuperação da vegetação são bem estabelecidos pela ciência, mas somente puderam ser entendidos após anos de pesquisas em áreas que sofreram com os desmatamentos e a devastação das florestas (NBL & TNC 2013). Por outro lado, a degradação ambiental traz inúmeras perdas diretas ou indiretas para a humanidade, facilmente perceptíveis. A biodiversidade presente nos ecossistemas afetados pela degradação pode incluir espécies raras, endêmicas, ameaçadas ou mesmo aquelas desconhecidas pela ciência. Muitas dessas, após descobertas, poderiam ser utilizadas economicamente e trazer benefícios para a sociedade, a exemplo de remédios, cosméticos e alimentos.

No caso de atividades de mineração relacionadas à extração de areia em margens de rios, o solo destituído de cobertura vegetal, e sob a influência de fatores abióticos, como precipitação, ventos e a própria dinâmica do rio, tem como consequência o deslizamento de partículas para dentro do curso d'água, originando processos erosivos e de assoreamento de rios. Esse cenário pode ocasionar a redução da fertilidade dos solos, a perda da qualidade das águas, a ocorrência de enchentes, a desvalorização das terras e a morte de organismos aquáticos (NBL & TNC 2013) e de pessoas.

Desse modo, tendo em vista os aspectos citados, a presença de vegetação ciliar – conservada ou recuperada – gera serviços ambientais benéficos à população e ao meio ambiente, como a filtragem das águas da chuva, o amortecimento de enchentes, a prevenção da erosão e do assoreamento, a manutenção da pesca e da navegação e a conservação da biodiversidade, entre outros (Rodrigues & Gandolfi 1998).

Recuperação da vegetação e a adequação ambiental e agrícola

Apesar das exigências de conservação da vegetação nativa previstas na legislação ambiental brasileira, em vigor desde 1965 e com alterações em 2012, a supressão da vegetação permaneceu intensa durante décadas. Fatores como o crescimento das áreas urbanas, a expansão agropecuária e a exploração madeireira potencializaram o desmatamento em áreas protegidas por lei – APPs e de Reserva Legal (RL). Desse fato, decorreram as necessidades atuais de recomposição e conservação da vegetação nativa, de forma a cumprir as condições estipuladas na versão atualizada da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Brasil 2012, TNC 2016).

A abordagem de adequação das propriedades rurais inclui dois componentes importantes – a legislação ambiental, já mencionada, e a adequação agrícola das atividades de produção. Um diagnóstico permite identificar na propriedade os trechos com restrição de produção agrícola (áreas marginais), os trechos com impedimento de uso devido à legislação ambiental e, ao

mesmo tempo, as áreas agrícolas com maior aptidão produtiva e, portanto, com maior possibilidade de aumento da produtividade e renda ao proprietário rural. A grande maioria das propriedades possui áreas de baixa aptidão agrícola, como áreas declivosas, com afloramentos rochosos, solos de baixa fertilidade, entre outros, que permanecem em uso numa tentativa de ampliação dos rendimentos da propriedade rural, mas que se mostram rasos pela baixa produtividade nas áreas de maior aptidão agrícola devido à falta de tecnificação da atividade. A existência de irregularidades ambientais e de áreas marginais da produção agrícola é bastante comum nas propriedades rurais brasileiras e se deve à ausência histórica e atual de uma política agrícola adequada no Brasil, com consequentes limitações de assistência técnica, de financiamento, de crédito, de distribuição de terras e de investimento em infraestrutura que permitam que essas propriedades sejam aproveitadas com sustentabilidade. Através de uma orientação adequada aos proprietários rurais para a melhoria da atividade produtiva, o resultado seria uma produtividade mais elevada nas áreas de maior aptidão agrícola, enquanto às áreas de menor aptidão seriam reservadas ações de conservação e recuperação dos ecossistemas nativos (Brancaion *et al.* 2015).

Por conseguinte, os benefícios gerados pela recuperação da vegetação são amplos para a sociedade e vão além dos serviços ambientais, principalmente nas áreas protegidas por lei. A recuperação da vegetação exerce um papel-chave na adequação ambiental de propriedades rurais, proporcionando benefícios sociais e econômicos, visto que devolve às áreas restauradas as condições mínimas que asseguram o cumprimento da legislação ambiental brasileira, a continuidade de atividades econômicas e os serviços ambientais responsáveis pela sustentabilidade. Integradamente, a adequação ambiental e agrícola viabilizam um cenário de maior sustentabilidade econômica e ambiental das propriedades rurais e promovem amplos benefícios para a coletividade.

Objetivos

Em decorrência do imperativo de elaborar um diagnóstico das APPs no baixo Jacuí e também pelo valor implícito e explícito da vegetação ciliar, dos serviços ambientais provisionados e da necessidade de recuperação de áreas ciliares degradadas, os propósitos do estudo foram: (1) a descrição da área a partir de estudos botânicos (composição e estrutura), ecológicos (fatores bióticos e abióticos) e de geoprocessamento (mapeamento e análises espaciais); (2) a elaboração de mapas (escala 1:25.000) de uso e cobertura ao longo da extensão do diagnóstico, zoneamento das APPs em oposição a conflitos e vetores de pressão; e (3) recomendações técnicas para as ações de recuperação das APPs conforme sua classificação no zoneamento, propondo-se métodos de recuperação, práticas silviculturais e listas de espécies adequadas às diferentes situações encontradas.

Marco legal

Toda propriedade rural deve compreender em seus limites, além da área destinada à produção agropecuária, uma porção para a conservação do “ambiente natural”, a partir do estabelecimento de mecanismos como: Áreas de Preservação Permanente, Reservas Legais ou Reservas Particulares do Patrimônio Natural. A função básica dessas áreas é contribuir com a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (Minas Gerais 2010). O regramento para o estabelecimento desses mecanismos de preservação está descrito na

legislação ambiental brasileira, porém, para que cumpra com seus objetivos, é necessário que haja um comprometimento dos setores governamentais, comunitários e privados quanto ao uso dos espaços territoriais (Borges *et al.* 2015).

Áreas de Preservação Permanente: localização e tamanho

Segundo o Código Florestal brasileiro (Lei 12.651/2012), a Área de Preservação Permanente (APP) é definida como uma “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.”

Resta evidente que as APPs não apenas têm a função de preservar a vegetação ou a biodiversidade, mas também uma função ambiental muito mais abrangente, voltada, em última instância, a proteger espaços de relevante importância para a conservação da qualidade ambiental e social.

O Código Florestal prevê faixas e parâmetros diferenciados para as distintas tipologias de APPs, de acordo com a característica de cada área a ser protegida. No caso das faixas mínimas a serem mantidas e preservadas nas margens dos cursos d’água (rio, nascente, vereda, lago ou lagoa), a norma considera não apenas a conservação da vegetação, mas também a característica e a largura do curso d’água, independente da região de localização, em área rural ou urbana.

Para as nascentes (perenes ou intermitentes) a lei estabelece um raio mínimo de 50 m no seu entorno. As nascentes, ainda que intermitentes, são essenciais para a garantia do sistema hídrico, e a manutenção de sua integridade depende da proteção conferida pela cobertura vegetal nativa adjacente.

Da mesma forma há faixas diferenciadas para os rios de acordo com a sua largura, conforme estabelecido no Art. 2º do Código Florestal:

Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será: (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989)

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989).

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989).

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989).

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d’água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989).

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros; (Incluído pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989).

Nas áreas no entorno de lagos e lagoas naturais, as áreas de preservação permanente devem ser de no mínimo:

a) de 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros.

b) de 30 (trinta) metros, em zonas urbanas.

O Código Florestal (art. 10) também determina que nas áreas com inclinação entre 25 e 45 graus é vedada a derrubada de florestas, permitida apenas a exploração seletiva em regime de manejo sustentável. Em outras palavras, mesmo não considerando essas áreas como de preservação permanente, o Código evita que nelas se desenvolvam quaisquer atividades ou ocupações, inclusive de moradias, que possam colocar em risco a estabilidade do solo e o bem-estar das populações humanas.

Somente órgãos ambientais podem abrir exceção à restrição e autorizar o uso e até o desmatamento de APP rural ou urbana, mas devem comprovar as hipóteses de utilidade pública, interesse social do empreendimento ou baixo impacto ambiental (art. 8º da Lei 12.651/12).

Reserva legal: localização e tamanho

Conforme o Código Florestal brasileiro (Lei 12.651/2012), a Reserva Legal (RL) é uma área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa. O manejo sustentável da RL depende de autorização do órgão competente e não poderá descaracterizar a cobertura vegetal. A RL deve ser instituída pelo proprietário da gleba e ser inserida no Cadastro Ambiental Rural (CAR), comprometendo-se o mesmo pela regularização das respectivas áreas (Borges *et al.* 2015).

Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de RL, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as APPs. A RL é a área do imóvel rural que, coberta por vegetação natural, pode ser explorada com o manejo florestal sustentável, nos limites estabelecidos em lei para o bioma em que está a propriedade. No Rio Grande do Sul, a RL corresponde a 20% da área do imóvel. Em caso de fracionamento do imóvel rural, será considerada a área do imóvel antes do parcelamento.

Quando a propriedade não possuir extensão territorial nativa estabelecida em atendimento aos critérios que definem o tamanho da RL, o proprietário pode adotar as seguintes alternativas: 1) condução da regeneração natural; 2) recomposição da vegetação a partir do plantio de espécies nativas e em conformidade aos critérios estabelecidos pelo órgão competente; e 3) compensação da RL da propriedade por outra equivalente no mesmo bioma. No caso de pequenas propriedades rurais ou posse rural familiar, com área não superior a quatro módulos fiscais, para o cumprimento da manutenção ou compensação da área de RL,

podem ser computados plantios de árvores frutíferas, ornamentais ou comerciais, ou ainda, espécies exóticas cultivadas intercaladas ou em consórcio com espécies nativas.

O poder público estadual poderá reduzir a RL dependendo da extensão do Município ocupada por unidades de conservação de domínio público e por terras indígenas homologadas ou quando o Estado tiver Zoneamento Ecológico-Econômico aprovado.

A localização da área de RL no imóvel rural deverá levar em consideração os seguintes estudos e critérios:

I – o plano de bacia hidrográfica.

II – o Zoneamento Ecológico-Econômico.

III – a formação de corredores ecológicos com outra Reserva legal, com Área de Preservação Permanente, com Unidade de Conservação ou com outra área legalmente protegida.

IV – as áreas de maior importância para a conservação da biodiversidade.

V – as áreas de maior fragilidade ambiental.

Material e métodos

Área de estudo

O Rio Grande do Sul possui três grandes regiões hidrográficas: Uruguai, Guaíba e Litoral. A região do Guaíba agrupa nove bacias hidrográficas, das quais a maior é a do rio Jacuí, com 30.331 km². Devido a diferenças marcantes no relevo, a bacia é comumente dividida em duas, Alto Jacuí (12.985 km²) e Baixo Jacuí (17.345 km²), ou também em Alto, Médio e Baixo Jacuí. Aqui foi considerada uma divisão em duas regiões, Alto e Baixo Jacuí

Localizada em sua maior parte na região fisiográfica da Depressão Central (*sensu* Pacheco 1956), a área de estudo abrangeu os municípios de Cachoeira do Sul, Charqueadas, General Câmara, São Jerônimo, Minas do Leão, Pantano Grande, Restinga Seca, Rio Pardo e Triunfo. O objeto de estudo foram as margens do rio Jacuí entre o seu delta e a foz do rio Vacacaí.

Geoprocessamento

Delimitação da área de estudo

A extensão do rio entre o delta do Jacuí e a foz do Vacacaí totaliza 241,15 km de comprimento. Visto que foram objeto de estudo as APPs na extensão referida, e visto que a largura do Jacuí entre a foz do Vacacaí (mais estreita) e o delta (mais larga) é variável, decidiu-se pela adoção de uma faixa uniforme de 500 m ao longo de todo o comprimento da área de estudo, o que equivale à APP para rios com largura superior a 600 m, conforme a Lei 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (Brasil 2012).

Segmentação da área de estudo

Dado o comprimento da área, a mesma foi dividida em três trechos, de jusante a montante: **Trecho 1** – entre a foz do Delta do Jacuí e a Eclusa de Amarópolis; **Trecho 2** – entre a Eclusa de

Amarópolis e a Eclusa Anel de Dom Marco; e **Trecho 3** – entre a Eclusa Anel de Dom Marco e a foz do rio Vacacaí (Mapa 1).

Etapas do geoprocessamento

Durante as etapas do geoprocessamento foram realizadas atividades de campo e também utilizadas imagens de satélite, fotografias aéreas, bases cartográficas digitais e fotos terrestres. As etapas de trabalho seguiram a seguinte ordem: (1) localização e definição da área de estudo, (2) aquisição e tratamento de imagens RapidEye, (3) identificação de tipologias e predefinição de classes, (4) análise e classificação de imagens, (5) mapa de pré-classificação, (6) atividades de campo para reambulação, (7) uso de imagens World View 2 para reambulação, (8) classificação final de feições, (9) análises espaciais, e (10) elaboração dos mapas. Todas as análises espaciais e o mapeamento foram realizados utilizando o software ARCGIS 10.3 e o aplicativo Google Earth™.

A delimitação da área de estudo e dos trechos adotados foi realizada através de imagens de satélite disponíveis no Google Earth. Concluído o mapa inicial da área, foram realizadas as expedições de reconhecimento e, em seguida, as investigações dos níveis de degradação das diferentes áreas e tipologias, com enfoque na vegetação nativa.

Para a elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo foram digitalizadas em tela imagens orbitais do satélite RapidEye (2011-2014), com resolução espacial de 5 m utilizando o sistema de referência Sirgas 2000. Os resultados do geoprocessamento são apresentados no subtítulo “Uso e ocupação do solo.”

As classes de agricultura, área edificada, campos/pastagens, silvicultura e mineração foram consideradas conflitantes quando presentes nas APPs e constituem vetores de pressão sobre a vegetação nativa e as formações naturais. A área total dos trechos que necessitam de ações de recuperação resultou da soma da área das classes consideradas conflitantes, enquanto que a área total dos remanescentes naturais procedeu da soma da área das demais classes.

Vegetação

O processo de recuperação da vegetação ciliar se concentra habitualmente em espécies arbóreas e arborescentes e formações florestais, que constituíram o foco principal na coleta de dados ao longo do trabalho de campo para caracterização dos ambientes estudados e da vegetação, e para a seleção das espécies sugeridas nas medidas de recuperação. Informações adicionais sobre outros grupos de plantas vasculares não foram objeto deste estudo, com exceção de algumas poucas espécies características de ambientes não florestais.

A coleta de dados ocorreu ao longo de 12 saídas que abrangeram os três trechos do percurso estudado. As atividades de campo se estenderam de maio de 2016 a setembro de 2018, incluindo o período em que foram suspensas, conforme relato na apresentação.

Foram realizados registros e coletas em 325 pontos ao longo do Jacuí (Mapa 2). O levantamento da vegetação ocorreu principalmente no percurso definido, mas as amostragens se concentraram no município de Rio Pardo, onde segmentos mais conservados de diferentes tipologias foram utilizados como áreas de referência para recuperação da vegetação em áreas

mais degradadas ao longo do Jacuí. A coleta de dados se deu por meio de observações, coleta de material fértil de espécies de plantas vasculares e registros fotográficos.

Formações

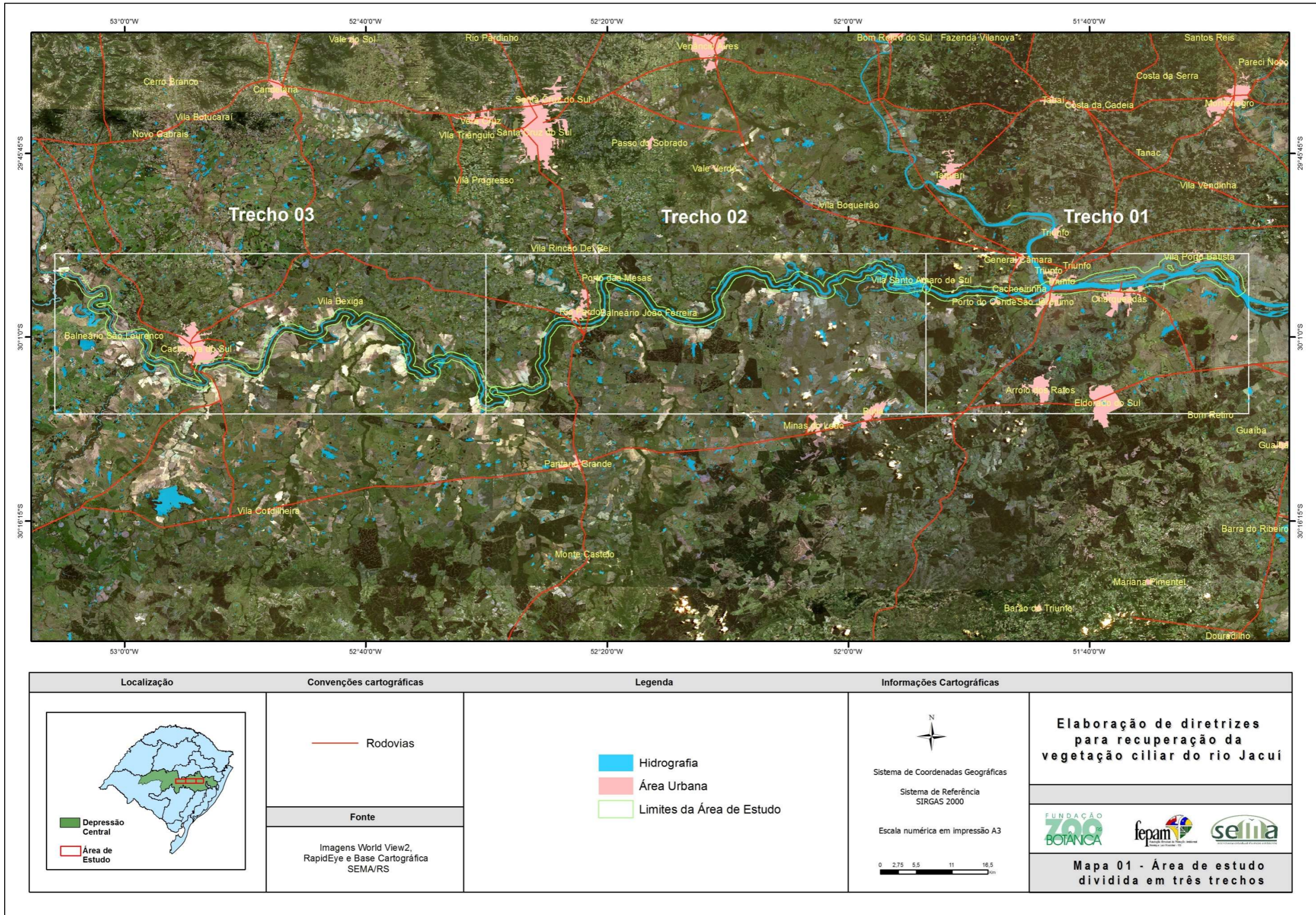
As formações foram descritas a partir da cobertura do terreno, vegetação, solos e topografia. Na caracterização receberam destaque as principais espécies (composição) e também as zonas suscetíveis ou não aos pulsos de inundação do rio. Cada área selecionada para amostragem foi pré-mapeada por meio de imagens do Google Earth, e trajetos contendo pontos com diferentes formações foram pré-estabelecidos. Cada trajeto foi percorrido em campo, sendo os pontos amostrados, descritos e fotografados. Pontos adicionais foram marcados, sobretudo de espécies importantes para a recuperação de áreas degradadas. A Figura 1 apresenta um exemplo de área onde foram coletados dados no município de Rio Pardo. Apesar de nem todos os pontos se encontrarem dentro da faixa de 500 m, os mesmos foram relevantes para a descrição das formações em geral e também de sua composição.

Faz-se aqui uma breve caracterização das variações topográficas encontradas na área de estudo. Dois perfis esquemáticos ilustram, a partir das margens do rio, as principais zonas ou faixas de acordo com as características topográficas mais marcantes do terreno (Figura 2) e as tipologias vegetacionais e aspectos fisiográficos distintivos no intervalo analisado (Figura 3). Os perfis são ilustrativos e de modo algum representam a heterogeneidade ambiental na região.

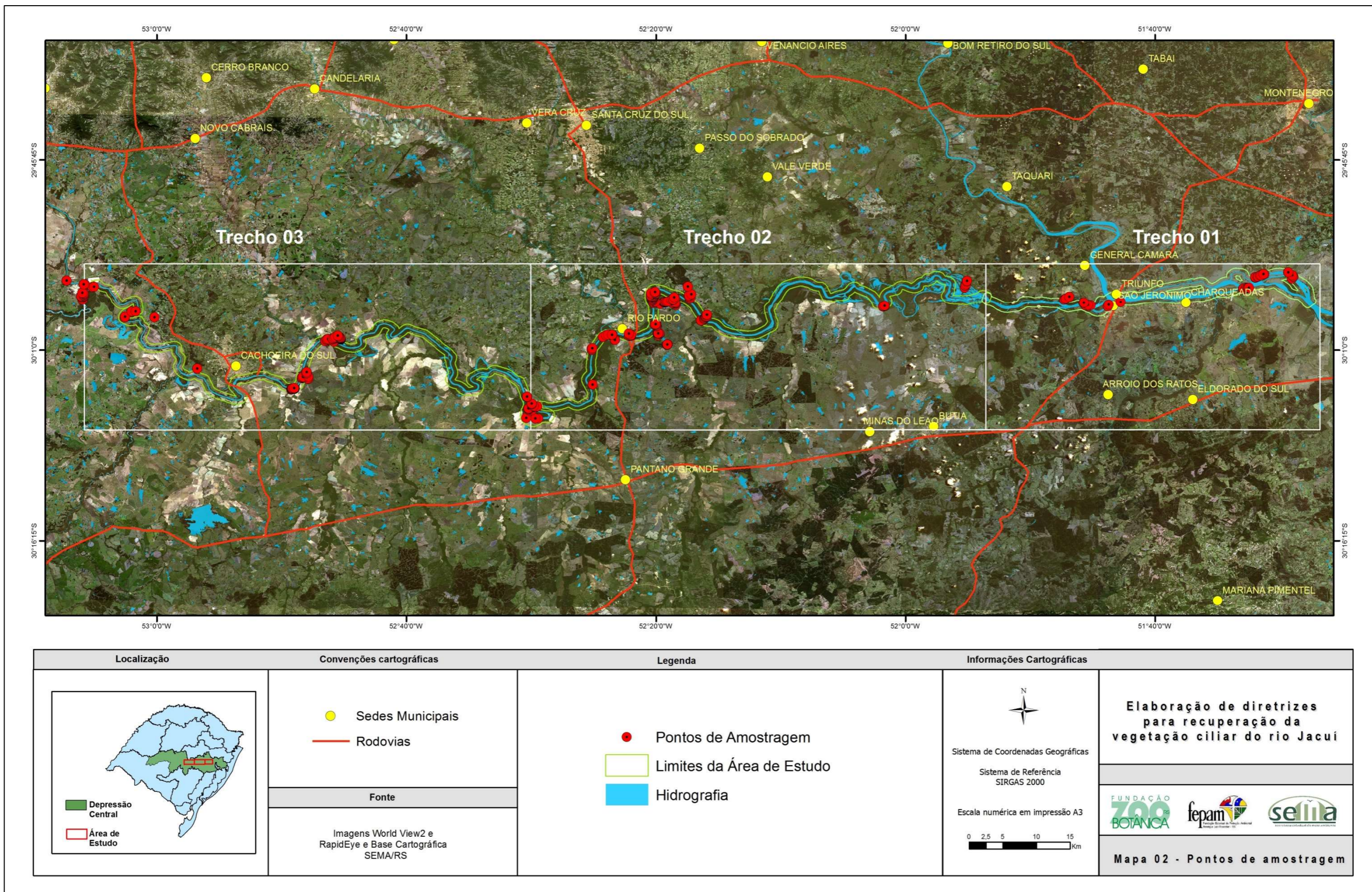
Entre a margem do leito menor do rio e a várzea, a primeira zona é o dique marginal. Formado pela deposição de sedimentos, o dique marginal se justapõe ao curso d'água de modo contínuo ou não, de modo que em regra seu comprimento é muito maior do que a largura, a qual varia desde poucos metros até dezenas de metros, e comumente se encontra em posição um pouco mais elevada do que a várzea. Quando o fluxo não ultrapassa as margens e o rio não deposita sedimentos grosseiros, o dique não é edificado. No Jacuí o dique marginal é recoberto por floresta estacional e apresenta riqueza de espécies e porte variáveis, geralmente inferiores à riqueza e ao porte da floresta ciliar sobre o terraço ou encosta. Por vezes pode ser precedido por um trecho de praia.

A várzea é a zona que se sucede e que corresponde à planície de inundação do rio, ocupando a parte mais baixa do terreno. O intervalo entre os limites externos da várzea em ambos os lados do rio constitui o leito maior (vide Figura 3). A várzea é relativamente plana, alagada ou mal drenada, mas pode também apresentar trechos bem drenados. Comumente abriga mosaicos complexos que incluem diferentes tipologias vegetais – florestas de várzea, sarandizais, banhados, maricazais e áreas úmidas – além de lagoas, meandros abandonados do rio e valas de drenagem.

A várzea dá lugar à encosta ou terraço, onde o terreno é bem drenado e não sujeito (ou pouco) aos pulsos de inundação do rio. Ali ocorre a floresta ciliar, no rio Jacuí composta por uma maioria de espécies estacionais (floresta estacional) e usualmente com diversidade e porte elevados, ao menos nas florestas em estágio sucessional avançado (*sensu* Clark 1996).



Mapa 1. Localização da área de estudo e segmentação em três trechos, de jusante a montante: Trecho 1 – entre a foz do Delta do Jacuí e a Eclusa de Amarópolis; Trecho 2 – entre a Eclusa de Amarópolis e a Eclusa Anel de Dom Marco; e Trecho 3 – entre a Eclusa Anel de Dom Marco e a foz do rio Vacacáí.



Mapa 2. Localização dos pontos de amostragem na área de estudo ao longo dos três trechos: Trecho 1 – entre a foz do Delta do Jacuí e a Eclusa de Amarópolis; Trecho 2 – entre a Eclusa de Amarópolis e a Eclusa Anel de Dom Marco; e Trecho 3 – entre a Eclusa Anel de Dom Marco e a foz do rio Vacacáí.

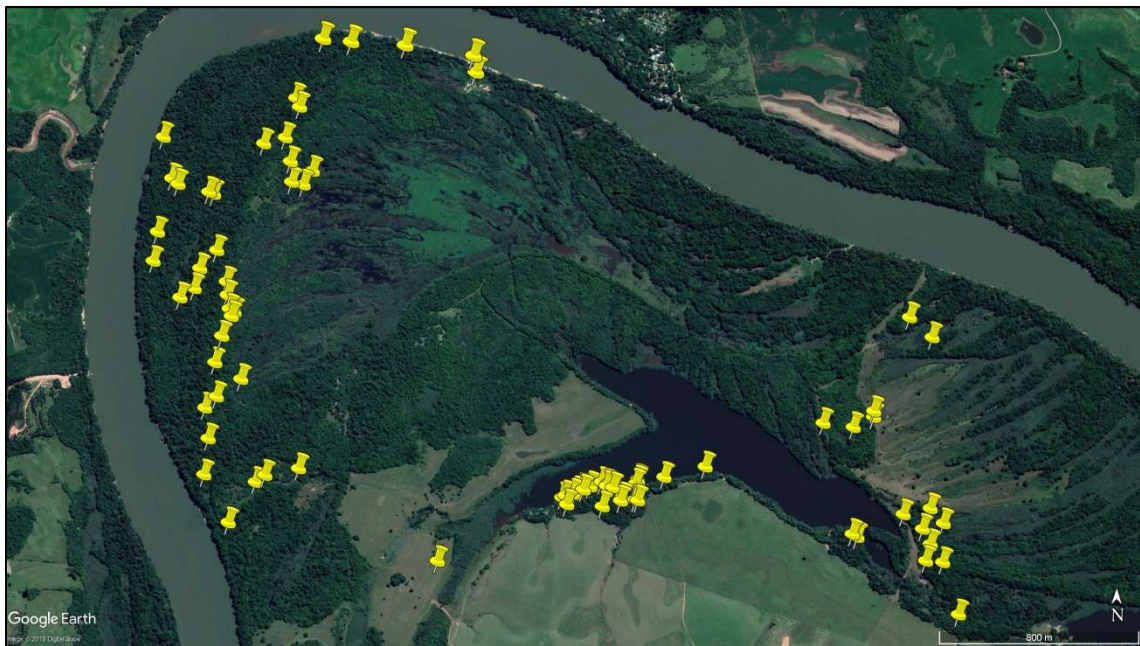


Figura 1. Pontos amostrais em um complexo de formações vegetacionais em Rio Pardo (≈1.000 ha).

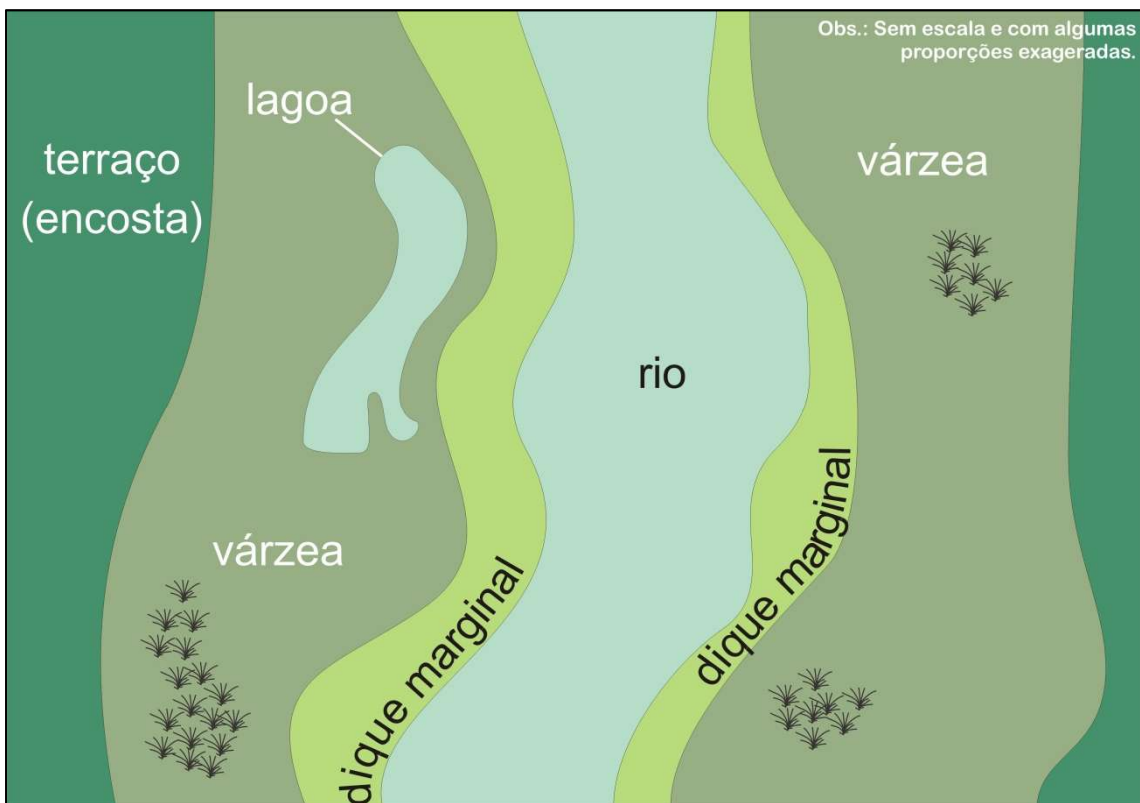


Figura 2. Perfil esquemático das zonas topográficas a partir da margem do rio. Fonte: © Martin Molz

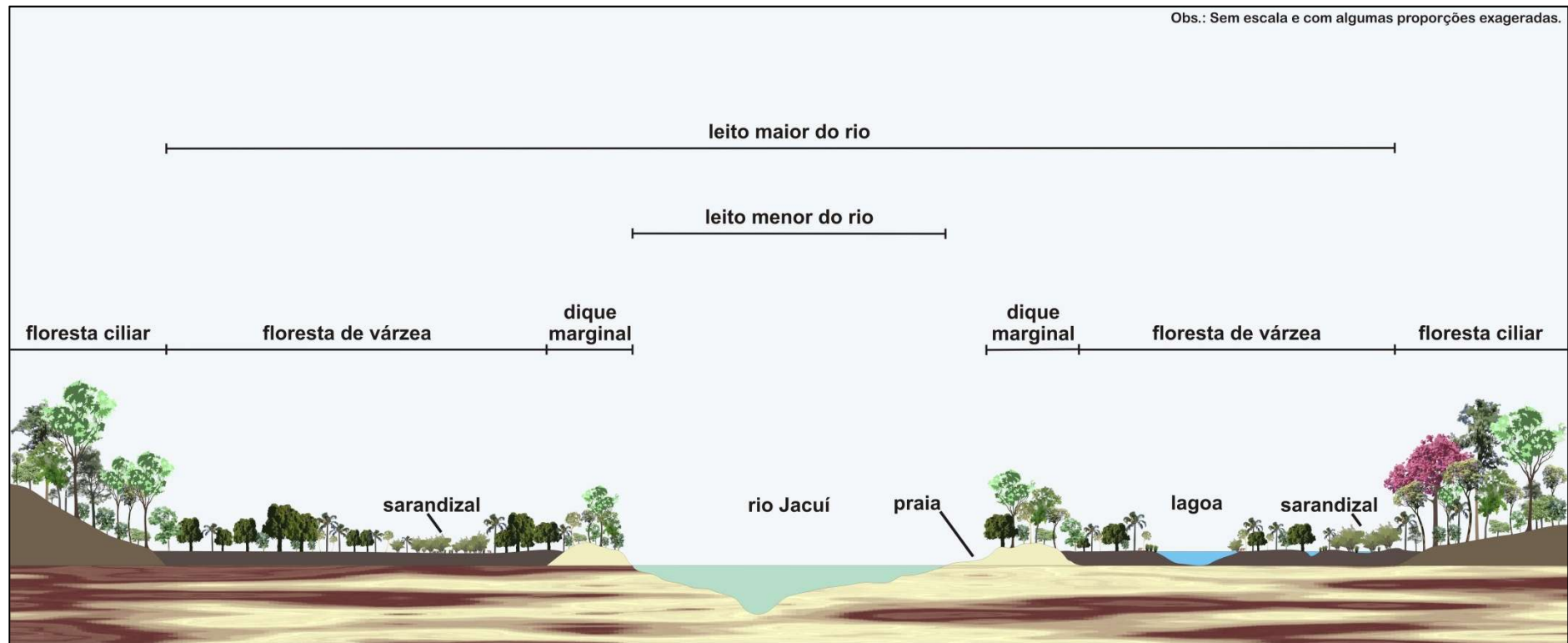


Figura 3. Perfil esquemático das tipologias vegetacionais e aspectos fisiográficos mais característicos a partir da margem do rio Jacuí. Fonte: © Martin Molz

Composição e aspectos estruturais

Nos projetos de recuperação é importante coletar informações ecológicas a respeito das principais espécies ocorrentes na área que se pretende implantar. É importante ter informações acerca do recrutamento, manutenção e reprodução de espécies fundamentais e até mesmo ensaios e testes de espécies e de estabelecimento e crescimento (SER 2005). Características sobre exigências ecológicas, polinizadores e dispersão de diásporos são igualmente importantes, mas nem sempre fáceis de obter.

Para cada espécime foram coletados dados sobre família botânica, gênero, espécie, hábito, frequência, origem, município e localidade, tipologia (formação), perfil do terreno ou zonas (dique, encosta e várzea), drenagem, estágio sucessional (floresta secundária, floresta avançada, formação pioneira e vegetação antropizada), coordenadas geográficas (latitude e longitude) e data de coleta. Todas essas informações foram reunidas num banco de dados.

O hábito levou em conta o porte das espécies na região estudada. Aquelas com altura potencial até 10 m foram consideradas arvoretas e acima disto árvores. As estimativas de frequência foram visuais e variaram de 0 a 3, de ausente a muito frequente. Quanto à origem, as espécies foram consideradas nativas, quando de ocorrência natural na região de estudo (sem terem sido introduzidas), ou exóticas, quando introduzidas a partir de outros países ou regiões de ocorrência que não a região de estudo. Foram consideradas dominantes as espécies arbóreas que compunham mais de 60% dos indivíduos do estrato superior da floresta ou do total de indivíduos de uma formação, recebendo a mesma o nome da espécie dominante.

Com vistas à recuperação da vegetação, as espécies foram classificadas quanto a grupos ecológicos (pioneira, secundária inicial e secundária tardia), síndromes de dispersão (anemocórica, autocórica e zoocórica) e exigência ou tolerância à umidade/drenagem do terreno (espécies de áreas alagadas, mal drenadas, bem drenadas ou indiferentes). As observações se restringiram ao observado na região de estudo, sobretudo quanto ao terreno. Com base em sua frequência e abundância, além de algumas eventuais características adicionais, algumas arbóreas amostradas foram consideradas espécies-chave para ações de recuperação da vegetação ciliar.

Materiais coletados foram herborizados e tombados no Herbário Alarich Rudolf Holger Schultz (HAS/FZB) ou, quando vivos, tombados na coleção do Jardim Botânico de Porto Alegre. A delimitação das famílias seguiu APG IV (2016) e os nomes das espécies seguiram a Flora do Brasil 2020 (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>); as exceções foram *Calliandra tweediei* Benth., que seguiu a Recomendação 60C do Código Internacional de Nomenclatura Botânica (Código de Shenzhen), e *Myrcia cruciflora* A.R. Lourenço & E. Lucas (ver Lourenço *et al.* 2018). Os demais nomes dos autores das espécies foram propositadamente omitidos.

Mudanças recentes (ou nem tanto) nos nomes de algumas espécies mais conhecidas pelo público não especializado poderão causar surpresa, mas é possível encontrar a maioria das sinônimas ou nomes inválidos associados ao binômio correto consultando a Flora do Brasil 2020. Um exemplo são os branquinhos (*Gymnanthes klotzschiana* e *Gymnanthes serrata*) e o sarandi (*Gymnanthes schottiana*), antes no gênero *Sebastiania*, que no Rio Grande do Sul reunia cinco espécies. Por questões taxonômicas, quatro dessas espécies de *Sebastiania* foram transferidas para *Gymnanthes*, restando no Estado apenas *Sebastiania brasiliensis*.

Resultados

Uso e ocupação do solo

Foram classificados 26.332,3 ha distribuídos em 10 classes de uso e cobertura (Tabela 1). Os mapas apresentam a classificação geral (Mapa 3), por trechos (Mapas 4, 7 e 10) e o detalhamento de cada trecho (Mapas 5-6, 8-9 e 11-12). As classes são descritas abaixo.

Tabela 1. Classes de cobertura e uso do solo nos três trechos na área de estudo (valores em hectares).

Classe	Trecho 1	%	Trecho 2	%	Trecho 3	%	Total geral	%
Agricultura	1.996,6	31,1	887,1	9,1	3.313,4	32,4	6.197,2	23,5
Área edificada	515,7	8,04	153,8	1,6	132,7	1,3	802,2	3,0
Áreas úmidas	280	4,4	1.319,1	13,6	893,2	8,7	2.492,3	9,5
Areia	2,6	0,04	3,8	0,04	17,4	0,17	23,7	0,1
Campos/pastagens	627,5	9,8	498,4	5,1	1.184,3	11,6	2.310,2	8,8
Corpos d'água	180,3	2,8	290	3	97,5	0,9	567,7	2,2
Florestas	2.752,9	42,9	6.417,7	66,2	4.160,6	40,7	13.330,7	50,6
Mineração	0	0	5,3	0,05	0	0	5,3	0,02
Mosaico florestas/áreas úmidas	29,8	0,5	116,7	1,2	423,2	4,1	569,7	2,2
Silvicultura	29,2	0,5	1,9	0,02	2,3	0,02	33,5	0,1
Total por trecho	6.413,8	24,4	9.693,8	36,8	10.224,7	38,8	26.332,3	100

Agricultura

Feição onde predominaram culturas anuais de arroz irrigado e soja, mas incluiu também áreas de plantio em preparação ou recentemente plantadas. Abrangeu largas extensões, chegando muitas vezes até a margem do rio (Figuras 4 e 5, mas vide também “Conflitos e vetores de pressão”). Nos Trechos 1 e 3 a agricultura perfaz aproximadamente $\frac{1}{3}$ da cobertura do solo.

Área edificada

Abrangeu as construções rurais – como sedes de fazenda, galpões e silos, e também áreas urbanas, fábricas, olarias e estradas pavimentadas, entre outros tipos (Figura 6 e 7).

Áreas úmidas

Para esta feição foi adotado o conceito da Convenção de Ramsar (Ramsar 2016), estabelecida em 1971 e de todo incorporada à legislação brasileira pelo Decreto 1.905/1996 (Brasil 1996): “áreas úmidas são áreas naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas de água marítima com menos de seis metros de profundidade na maré baixa.” Na região de estudo, foram muito frequentes os ambientes aquáticos ou semiaquáticos associados a solos hidromórficos, resultado de deposições causadas pelos pulsos de inundação do rio. As constantes mudanças resultantes da dinâmica do rio geraram um conjunto diversificado com lagoas marginais, meandros, banhados, sarandizais, entre outras tipologias (Figuras 8 e 9).

Areia

Depósitos nas margens dos rios oriundos da deposição natural de sedimentos carreados pela água ou derivados de mineração ou outras atividades (Figuras 10 e 11).



Figura 4. Agricultura com lavouras muito próximas à margem do rio.

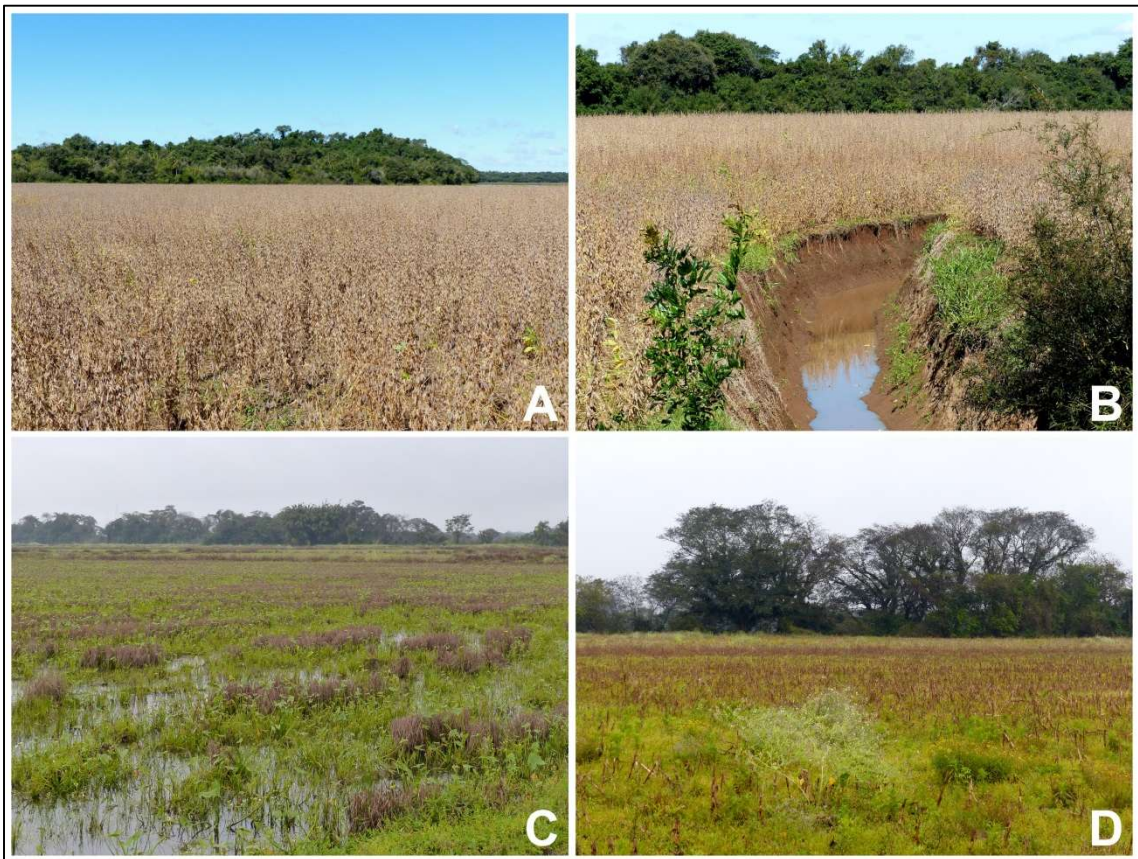


Figura 5. Agricultura: plantios na várzea: A – soja; B – drenagem da várzea; C - arroz irrigado; D – milho. Fotos: © Martin Molz



Figura 6. Área edificada: vista parcial da área urbana de Rio Pardo.



Figura 7. Área edificada: vista parcial da área urbana de Triunfo a partir do rio Jacuí. Foto: © Martin Molz



Figura 8. Áreas úmidas: mosaico de espelhos d'água, macrófitas aquáticas, arbustos e árvores.



Figura 9. Área úmida com vegetação circundante suprimida, provavelmente arbórea. Foto: © Martin Molz



Figura 10. Areia: banco de areia formado por deposição nas margens do rio Jacuí.



Figura 11. Areia: banco de areia formado por deposição nas margens do rio Jacuí. Foto: © Martin Molz

Campos/pastagens

Por causa da dificuldade em diferenciar campo nativo de pastagens, incluíram tanto áreas de campo nativo em diferentes estados de conservação como formações naturais convertidas em pastagens (Figuras 12 e 13). A maioria dos campos/pastagens encontrados resulta da conversão de florestas e áreas úmidas. Nessa região é frequente também o rodízio entre lavouras e áreas de pousio. As áreas em pousio há mais de três anos foram consideradas campos/pastagens.

Corpos d'água

Corresponderam a açudes, lagoas marginais, meandros, segmentos de rios, e espelhos d'água contínuos e com pouca vegetação aflorante (Figuras 14 e 15).

Florestas

Dada a complexidade do terreno e a presença de muitos gradientes ambientais, não foi possível diferenciar as formações florestais a partir da escala de trabalho adotada no mapeamento (1:25.000). Assim, optou-se por incluir todas essas formações numa única classe “florestas” (Figuras 16 e 17). Pelo mesmo motivo, não foram diferenciados os fragmentos em diferentes estágios sucessionais na classificação. Nos casos em que não foi possível diferenciar florestas e áreas úmidas, optou-se por sua inclusão na classe “mosaico florestas/áreas úmidas” (vide abaixo).

As tipologias de floresta foram devidamente detalhadas na descrição da vegetação, incluindo as seguintes formações: camboinzal, floresta de várzea, floresta de branquinhos, floresta de ingazeiros e floresta estacional.

Mineração

Apesar de ocorrer em poucos locais, foi incluída a mineração de areia e argila em áreas terrestres (Figuras 18 e 19).

Mosaico florestas/áreas úmidas

O complexo sistema formado por diversas tipologias florestais entremeadas por áreas úmidas em meio à planície de inundação (várzea) foi considerado como um mosaico. Esta feição abrangeu os segmentos e gradientes de vegetação onde não foi possível separar florestas e áreas úmidas, as quais abarcam maricazais, banhados, sarandizais, camboinzais, florestas de várzea em geral, florestas de branquinhos, florestas de ingazeiros, meandros e lagoas marginais (Figuras 20 e 21).

Silvicultura

Na região da Depressão Central a atividade de silvicultura é intensa, mas na extensão do estudo ocorreram apenas uns poucos talhões de eucalipto e pínus (Figuras 22 e 23). Isso se deve ao predomínio de áreas de várzea, que não oferecem condições de cultivo próprias para as espécies utilizadas em plantios no RS.



Figura 12. Campos/pastagens na beira do Jacuí (centro).



Figura 13. Campos de encosta próximos à planície de inundação em Rio Pardo. Foto: © Martin Molz



Figura 14. Corpos d'água: lagoas marginais cercadas por florestas.



Figura 15. Corpos d'água: lagoa das Pombas, Rio Pardo, com a margem vegetada ao fundo. Foto: © Martin Molz



Figura 16. Florestas de tipologias variadas ao longo do rio Jacuí.



Figura 17. Floresta sobre o dique marginal próximo à foz da Sanga do Cabral, Rio Pardo. Foto: © Martin Molz



Figura 18. Mineração de areia próxima à margem do rio Jacuí.



Figura 19. Mineração de areia em Triunfo. Fonte: Acervo FEPAM



Figura 20. Mosaico de florestas e áreas úmidas intercaladas, Rio Pardo.

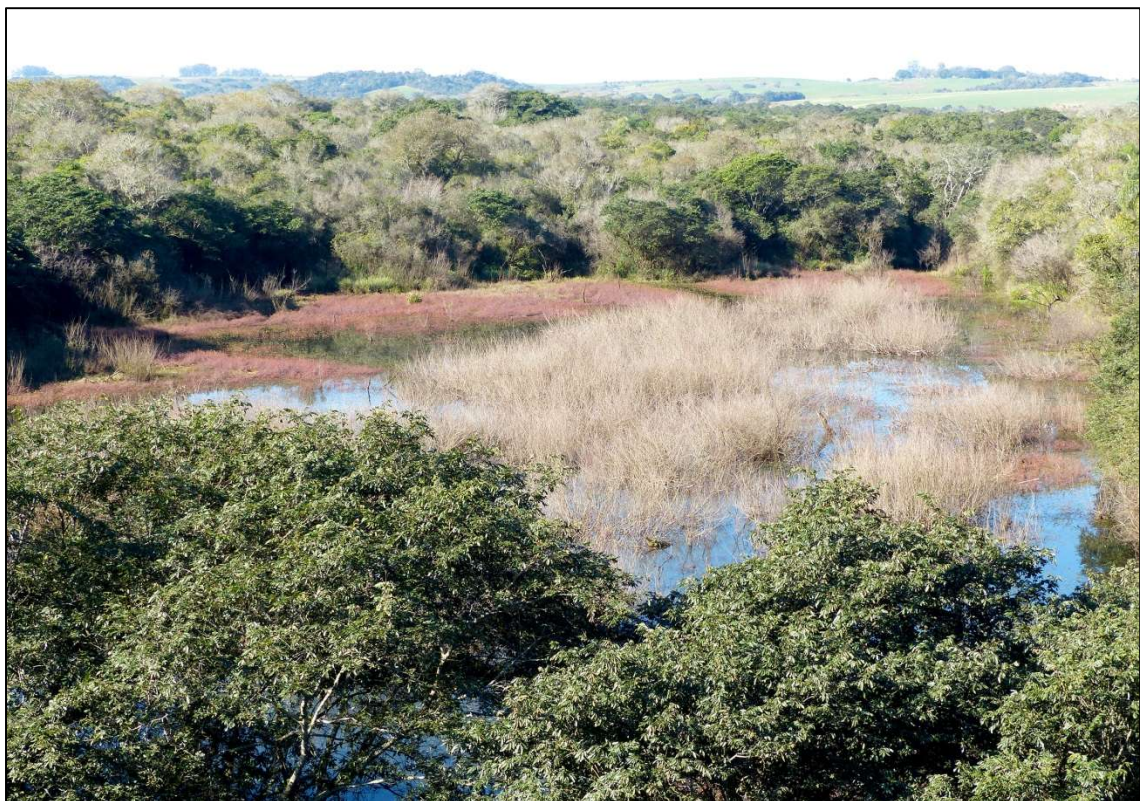


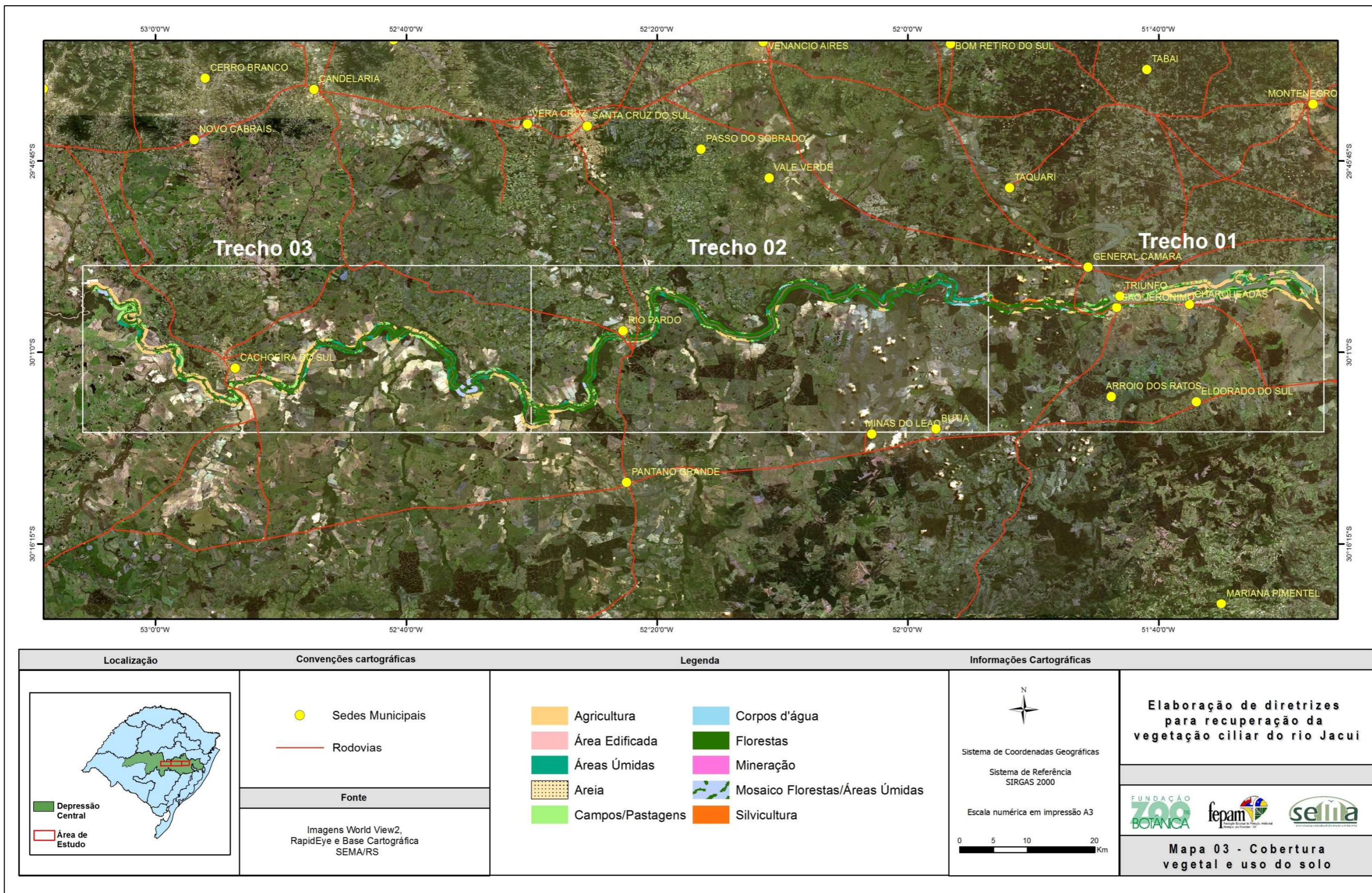
Figura 21. Mosaico de floresta de várzea com área úmida. Foto: © Martin Molz



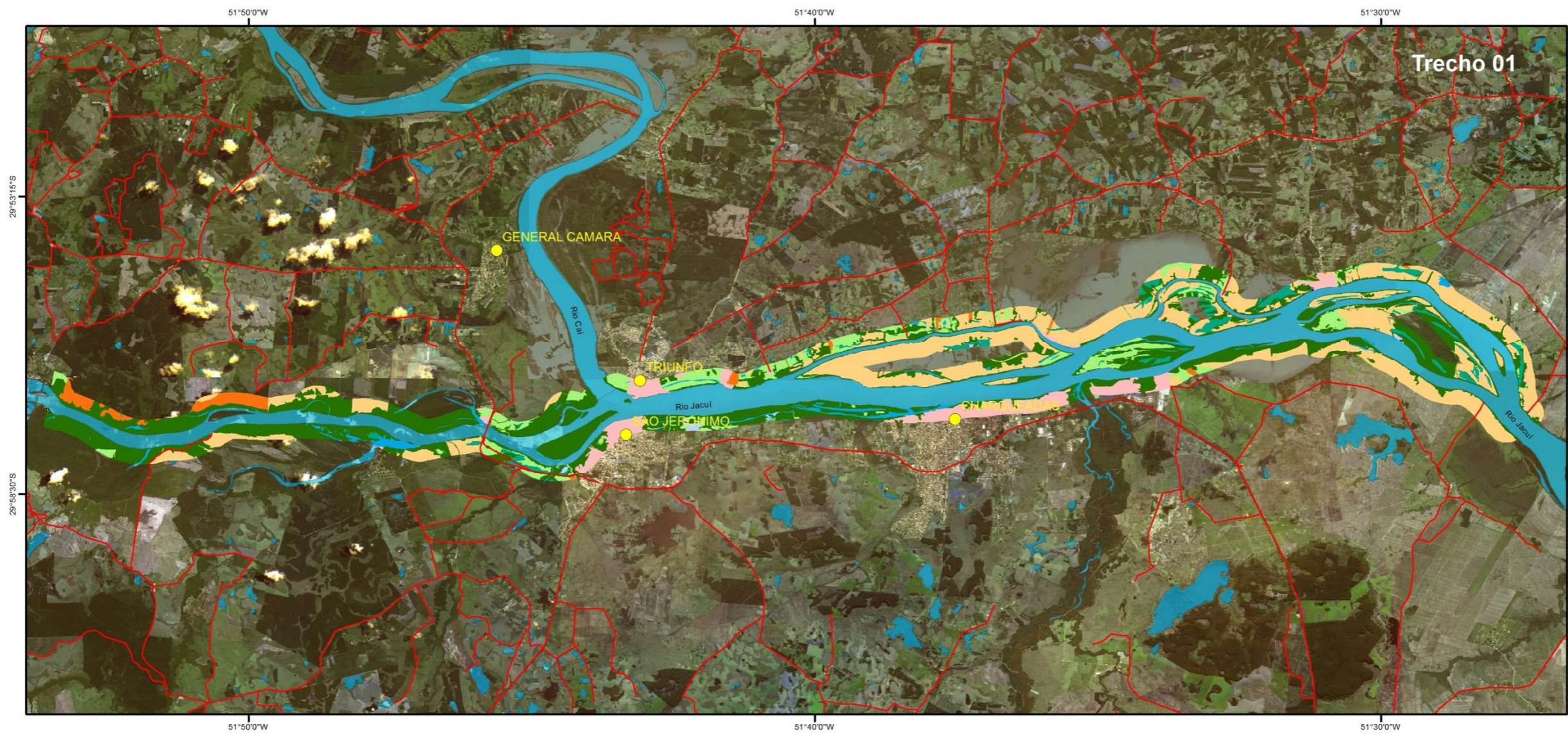
Figura 22. Silvicultura de eucalipto muito próxima da margem do rio Jacuí.



Figura 23. Silvicultura sobre o terraço ou encosta (segundo plano), antecedida pela planície de inundação. Foto: © Ricardo Ramos Aranha

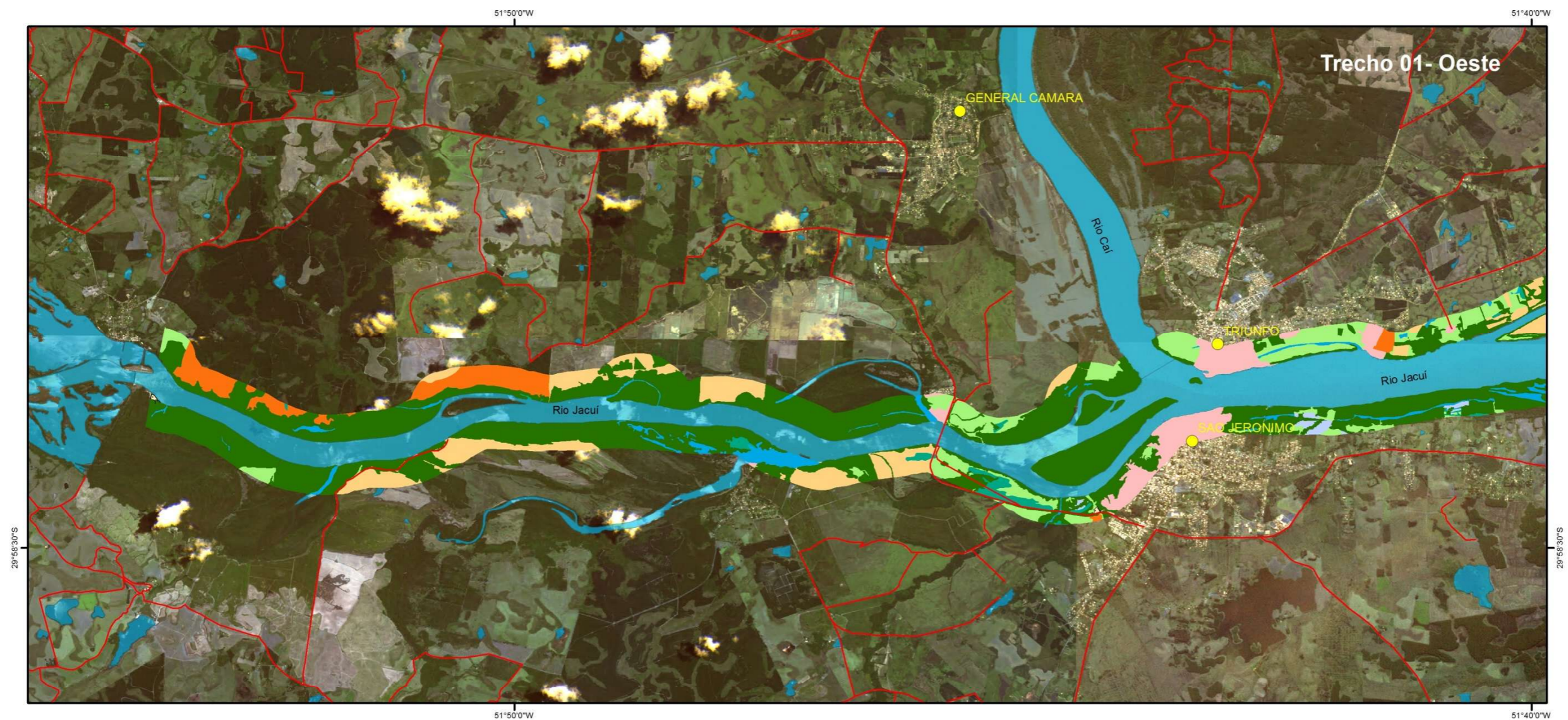


Mapa 3. Classificação do uso e ocupação do solo nos Trechos 1, 2 e 3 da área de estudo.



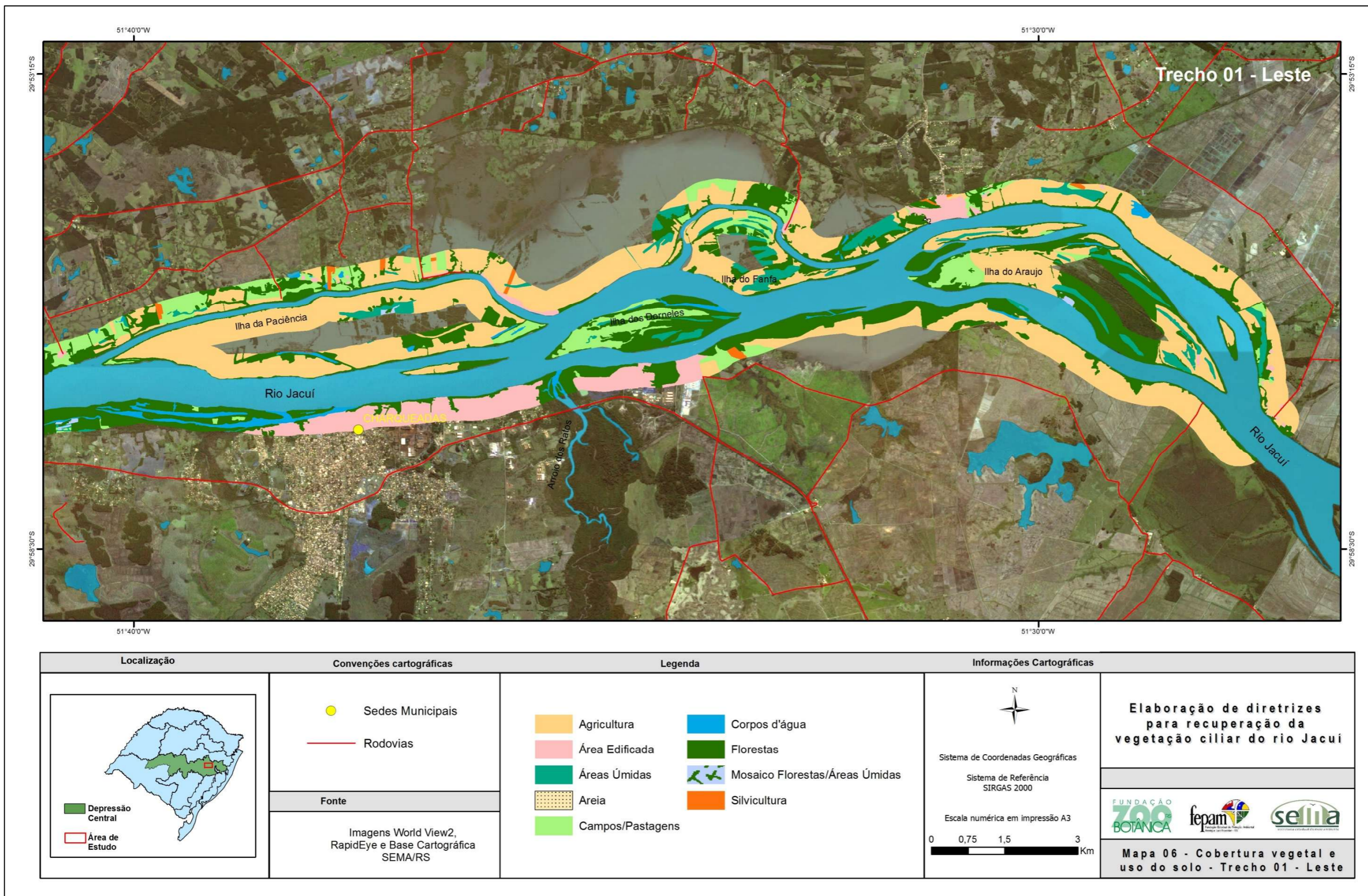
Localização	Convenções cartográficas	Legenda	Informações Cartográficas
<p>Depressão Central Área de Estudo</p>	<p>● Sedes Municipais</p> <p>— Rodovias</p> <hr/> <p>Fonte</p> <p>Imagens World View2, RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS</p>	<p>■ Agricultura</p> <p>■ Área Edificada</p> <p>■ Áreas Úmidas</p> <p>■ Areia</p> <p>■ Campos/Pastagens</p> <p>■ Corpos d'água</p> <p>■ Florestas</p> <p>■ Mosaico Florestas/Áreas Úmidas</p> <p>■ Silvicultura</p>	<p>N</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas</p> <p>Sistema de Referência SIRGAS 2000</p> <p>Escala numérica em impressão A3</p> <p>0 1 2 4 Km</p>
			<p>Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí</p> <p>FUNDAÇÃO ZOO BOTÂNICA fepam selita</p> <p>Mapa 04 - Cobertura vegetal e uso do solo - Trecho 01</p>

Mapa 4. Classificação do uso e ocupação do solo no Trecho 1 da área de estudo.

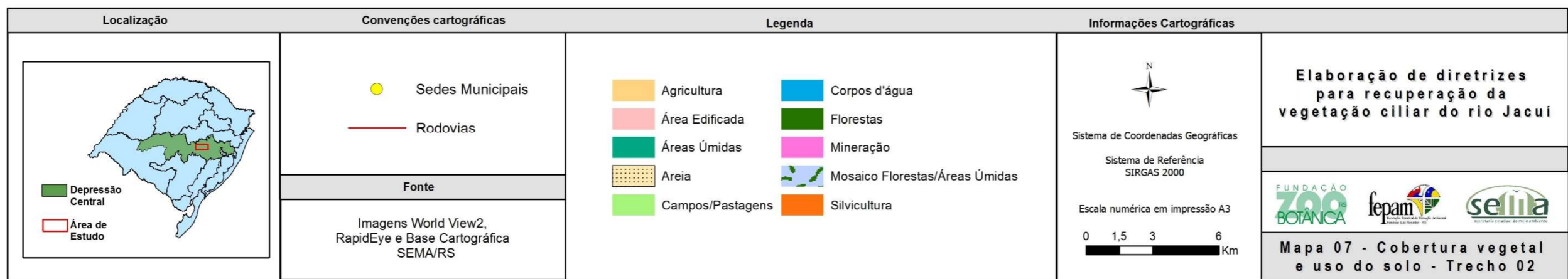
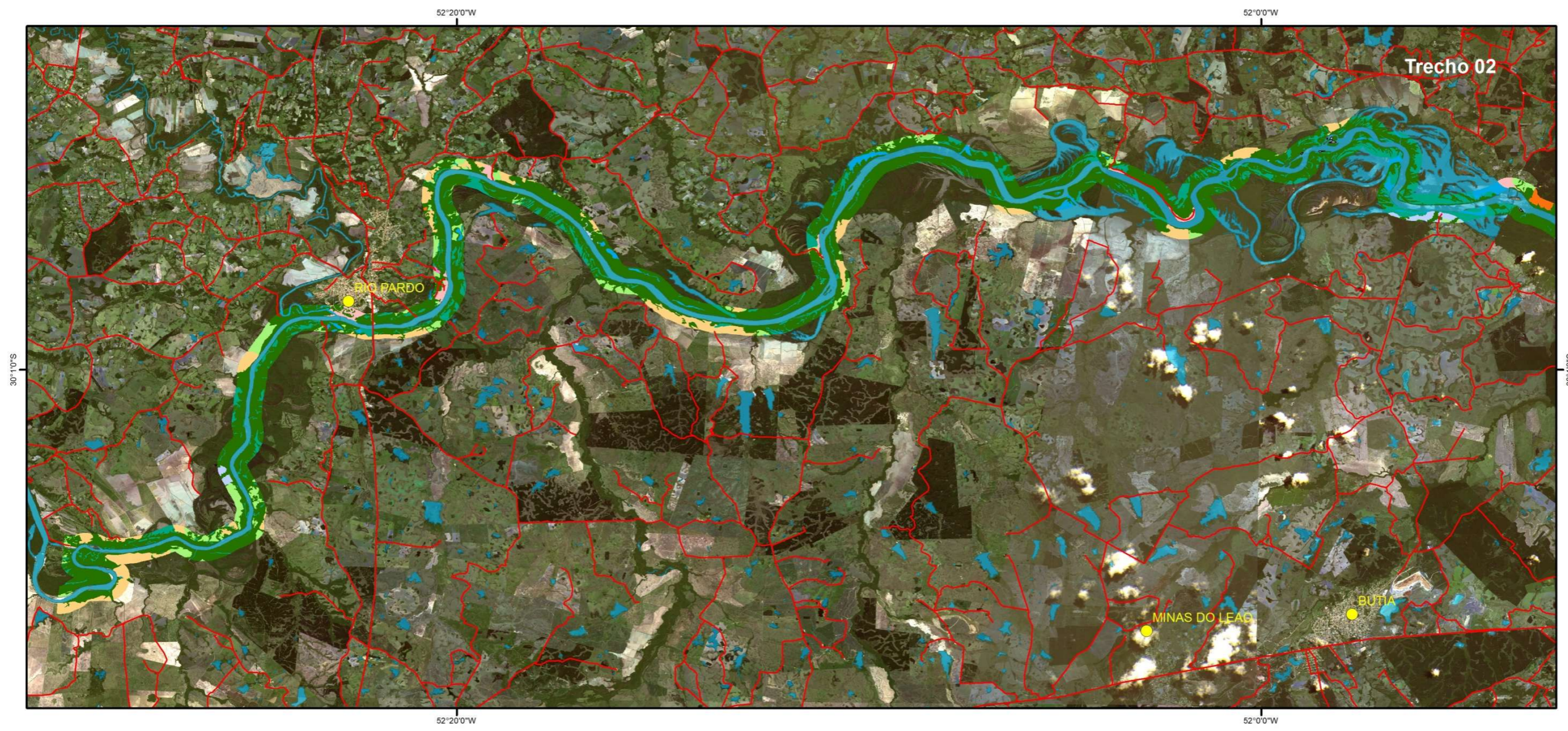


Localização	Convenções cartográficas	Legenda	Informações Cartográficas
<p>Depressão Central Área de Estudo</p>	<p>● Sedes Municipais</p> <p>— Rodovias</p> <hr/> <p>Fonte</p> <p>Imagens World View2, RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS</p>	<p>■ Agricultura</p> <p>■ Área Edificada</p> <p>■ Áreas Úmidas</p> <p>■ Areia</p> <p>■ Campos/Pastagens</p> <p>■ Corpos d'água</p> <p>■ Florestas</p> <p>■ Mosaico Florestas/Áreas Úmidas</p> <p>■ Silvicultura</p>	<p>↑ N</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas</p> <p>Sistema de Referência SIRGAS 2000</p> <p>Escala numérica em impressão A3</p> <p>0 0,75 1,5 3 Km</p>
			<p>Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí</p> <p>FUNDAÇÃO ZOO BOTÂNICA fepam selia</p> <p>Mapa 05 - Cobertura vegetal e uso do solo - Trecho 01 - Oeste</p>

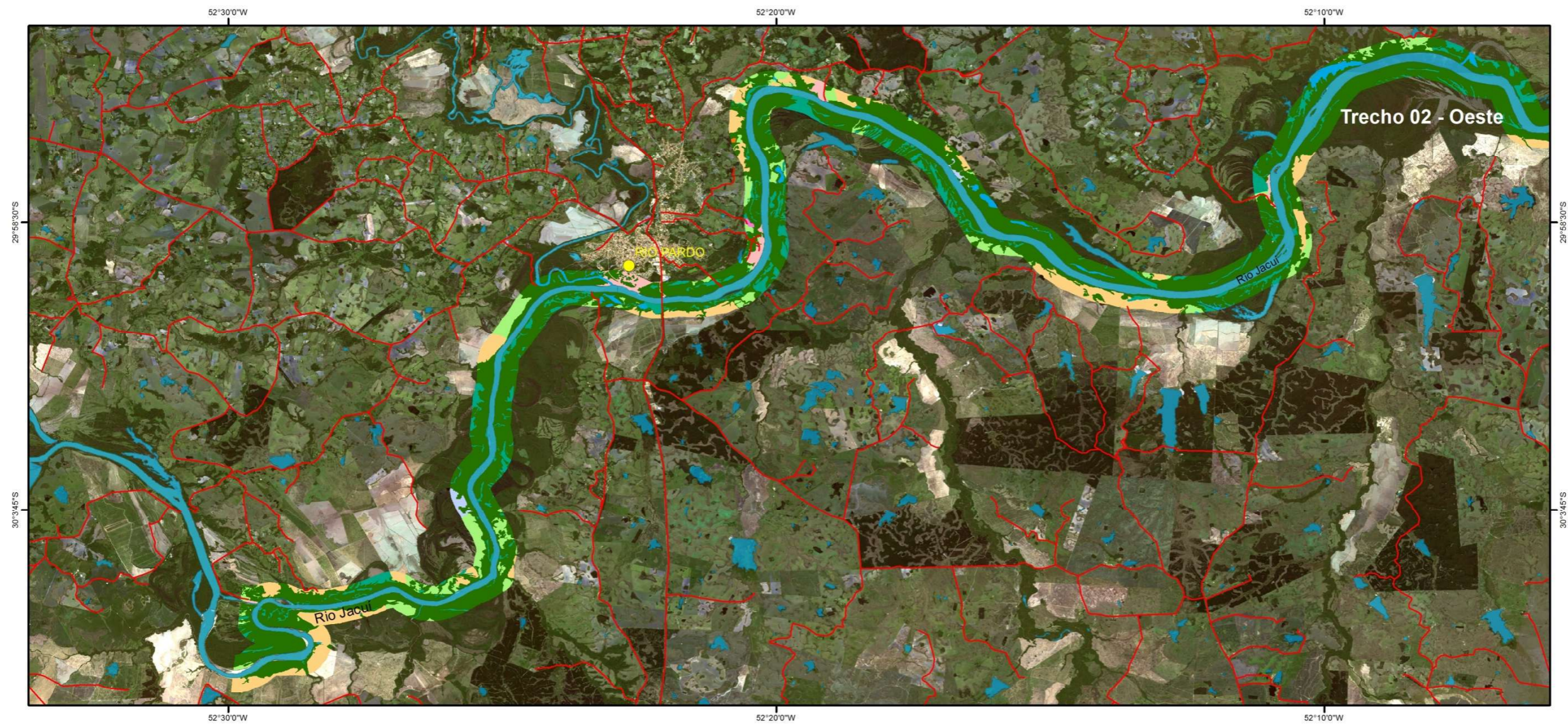
Mapa 5. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento oeste do Trecho 1 da área de estudo.



Mapa 6. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento leste do Trecho 1 da área de estudo.

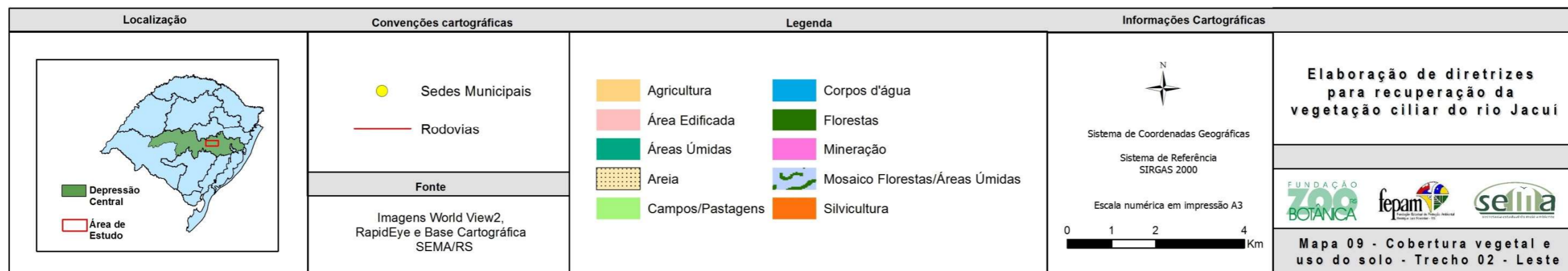
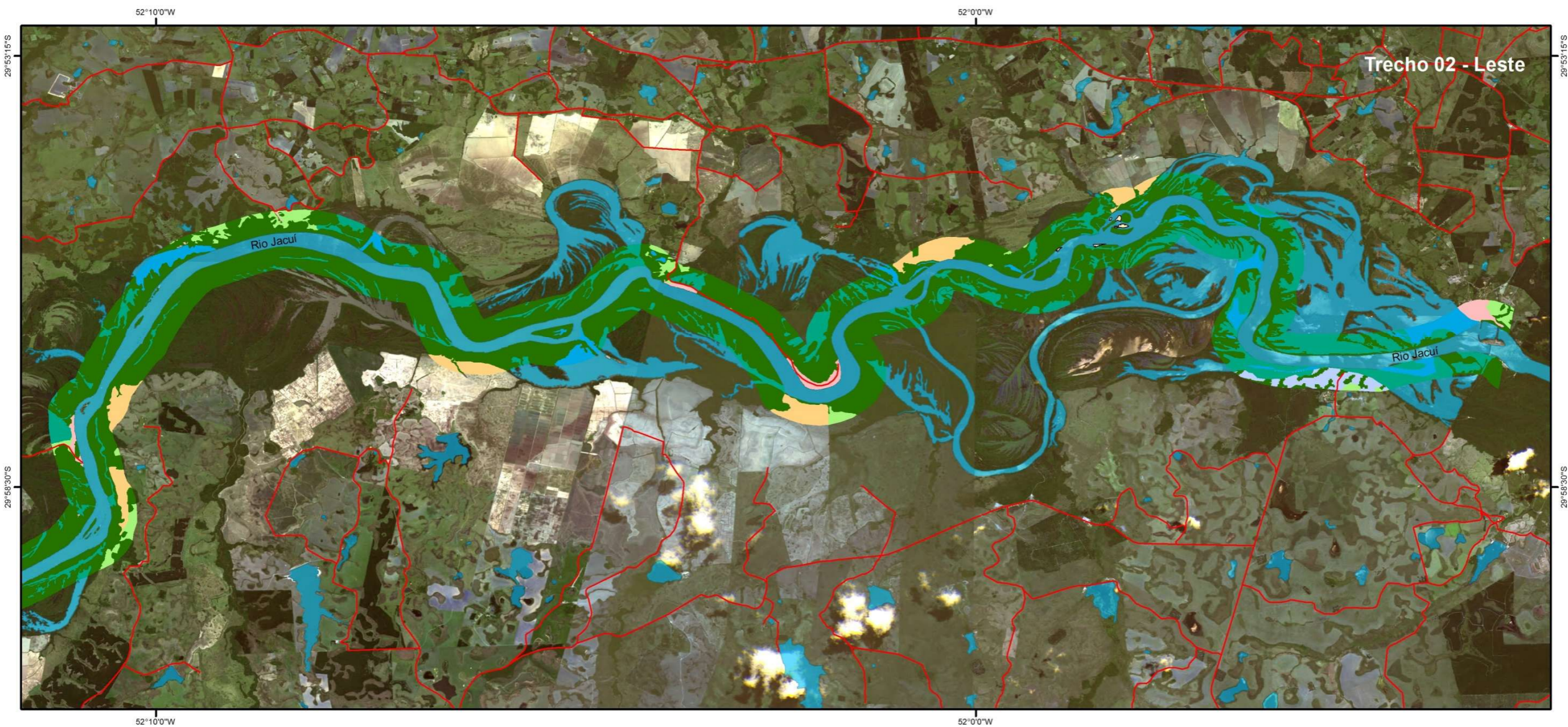


Mapa 7. Classificação do uso e ocupação do solo no Trecho 2 da área de estudo.

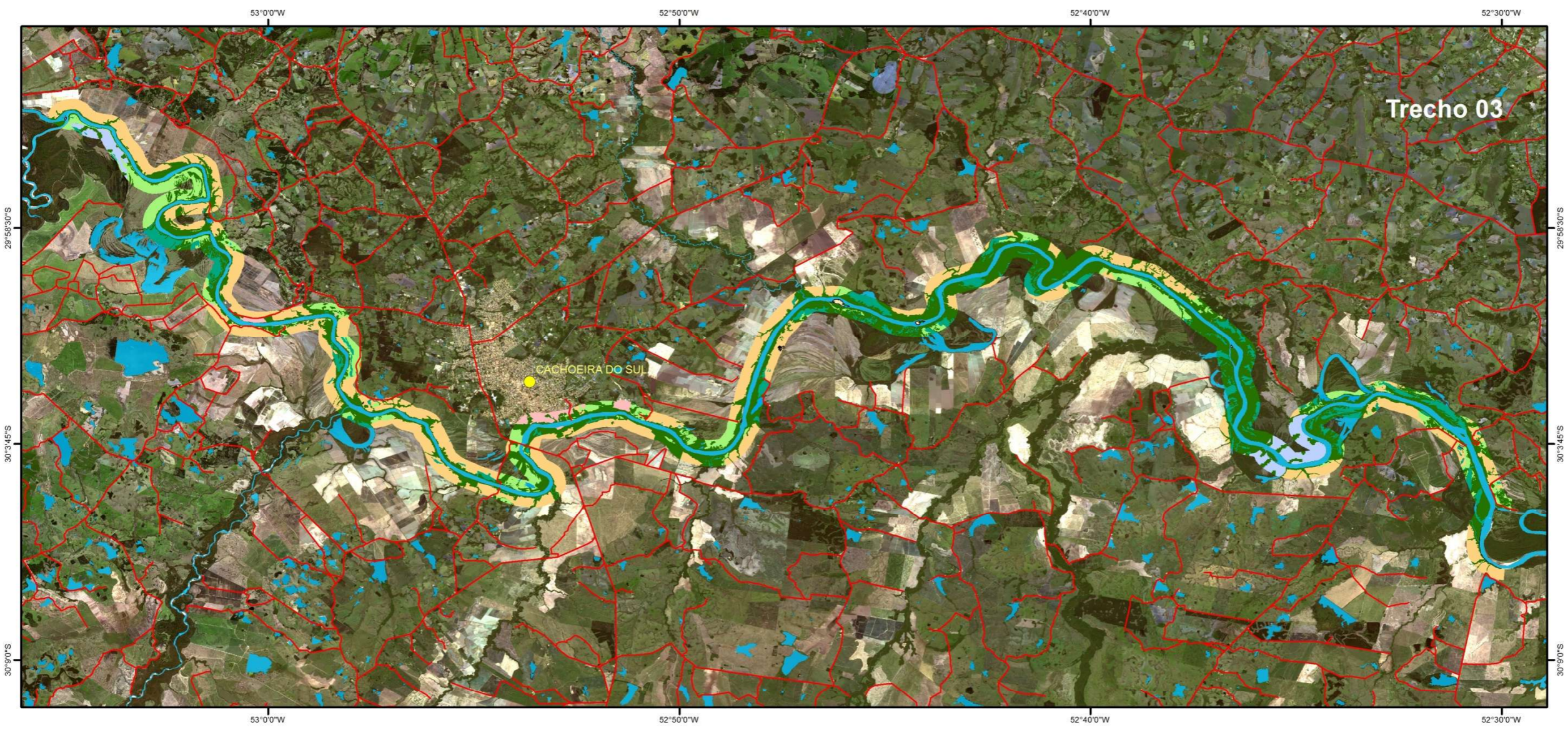


Localização	Convenções cartográficas	Legenda	Informações Cartográficas
<p>Depressão Central Área de Estudo</p>	<p>● Sedes Municipais</p> <p>— Rodovias</p> <hr/> <p>Fonte</p> <p>Imagens World View2, RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS</p>	<p>■ Agricultura</p> <p>■ Área Edificada</p> <p>■ Áreas Úmidas</p> <p>■ Areia</p> <p>■ Campos/Pastagens</p> <p>■ Corpos d'água</p> <p>■ Florestas</p> <p>■ Mineração</p> <p>■ Mosaico Florestas/Áreas Úmidas</p> <p>■ Silvicultura</p>	<p>N</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas</p> <p>Sistema de Referência SIRGAS 2000</p> <p>Escala numérica em Impressão A3</p> <p>0 1 2 4 Km</p> <p>Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí</p> <p>FUNDAÇÃO ZOO BOTÂNICA fepam selia</p> <p>Mapa 08 - Cobertura vegetal e uso do solo - Trecho 02 - Oeste</p>

Mapa 8. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento oeste do Trecho 2 da área de estudo.

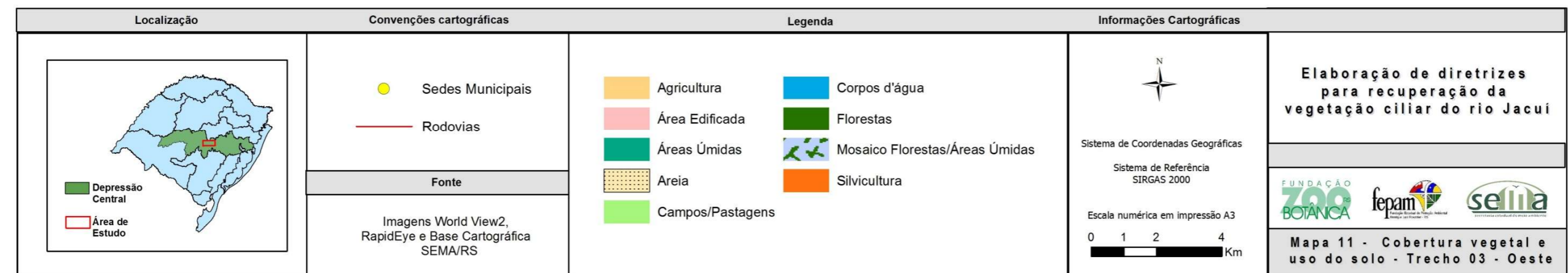
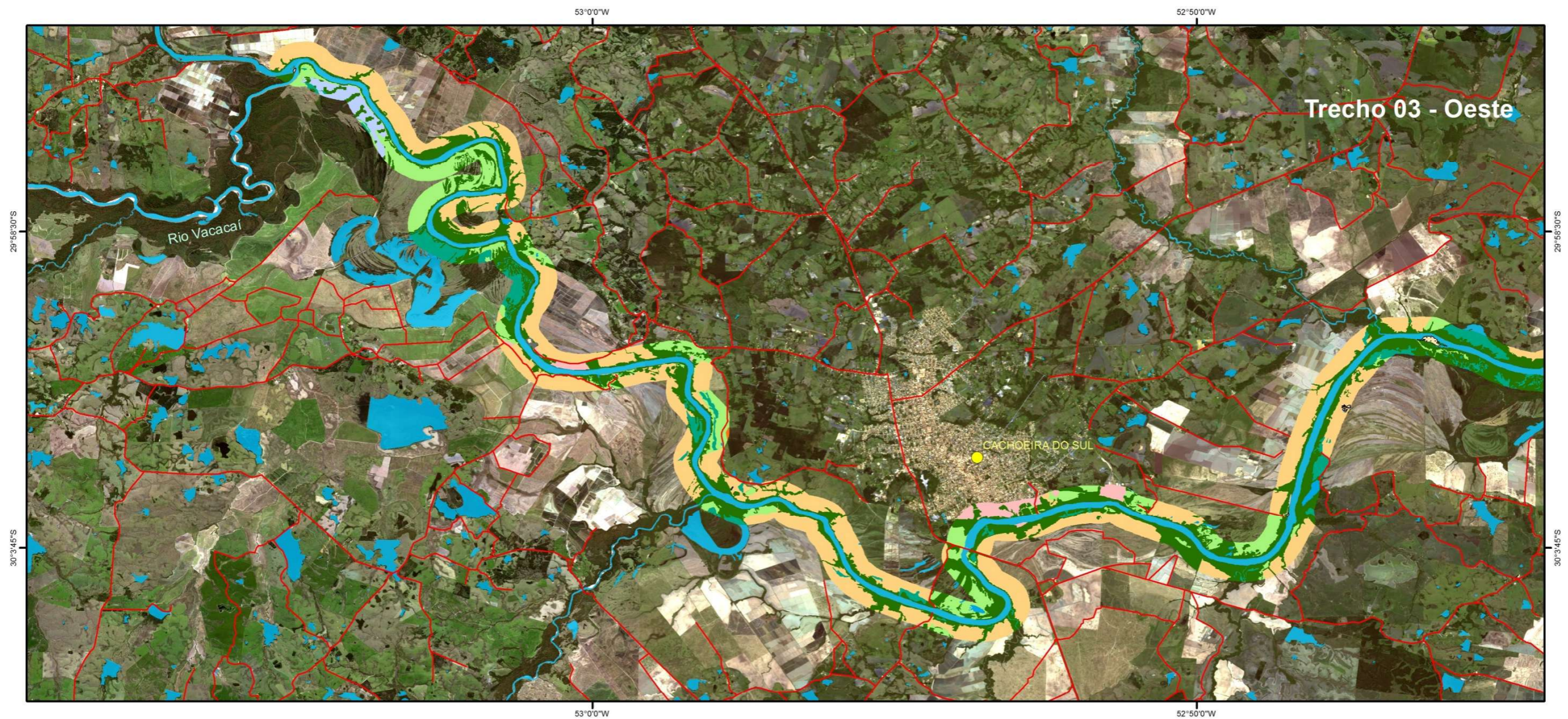


Mapa 9. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento leste do Trecho 2 da área de estudo.

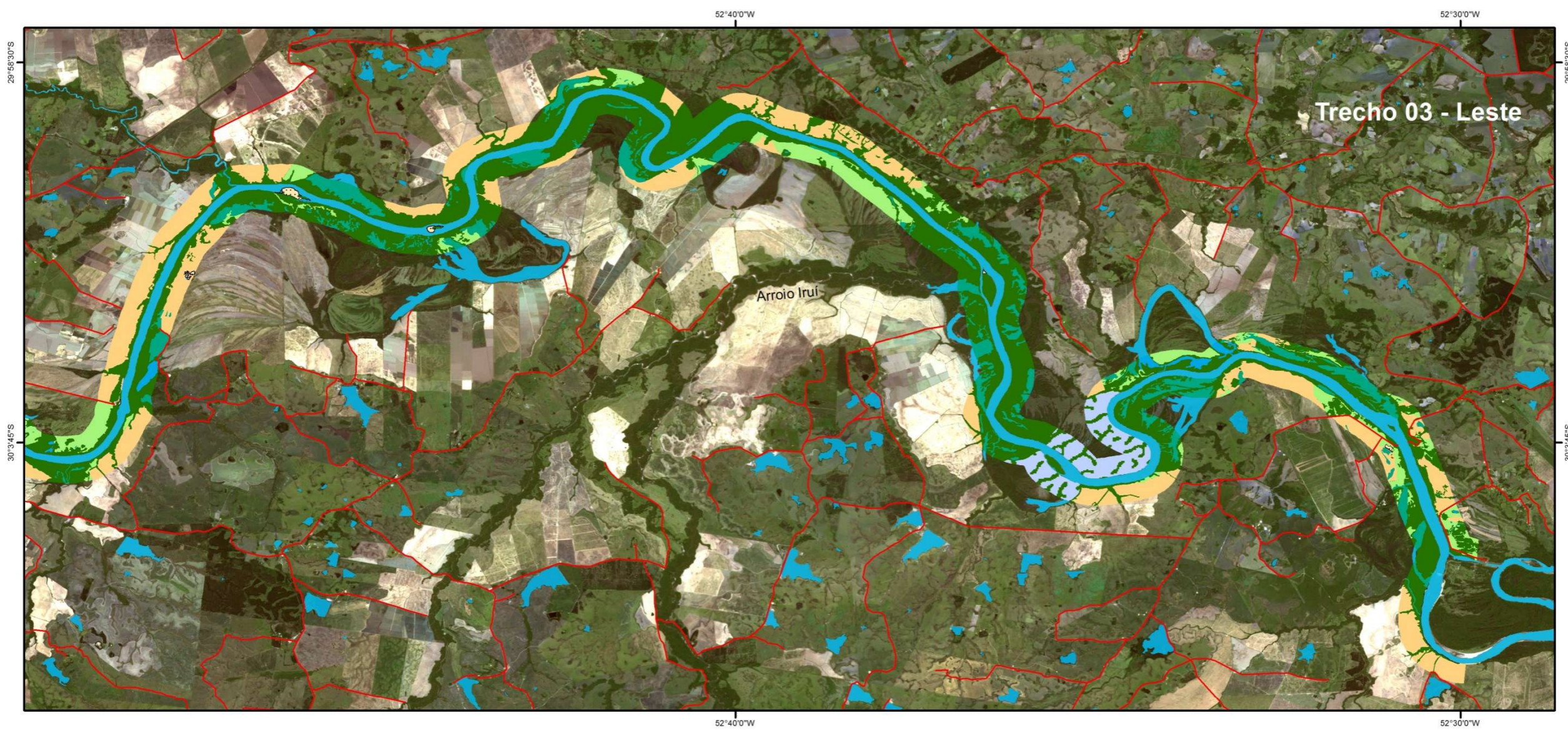


Localização	Convenções cartográficas	Legenda	Informações Cartográficas										
<p>Depressão Central Área de Estudo</p>	<p>● Sedes Municipais</p> <p>— Rodovias</p> <hr/> <p>Fonte</p> <p>Imagens World View2, RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS</p>	<table border="0"> <tr> <td> Agricultura</td> <td> Corpos d'água</td> </tr> <tr> <td> Área Edificada</td> <td> Florestas</td> </tr> <tr> <td> Áreas Úmidas</td> <td> Mosaico Florestas/Áreas Úmidas</td> </tr> <tr> <td> Areia</td> <td> Silvicultura</td> </tr> <tr> <td> Campos/Pastagens</td> <td></td> </tr> </table>	Agricultura	Corpos d'água	Área Edificada	Florestas	Áreas Úmidas	Mosaico Florestas/Áreas Úmidas	Areia	Silvicultura	Campos/Pastagens		<p>N</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas</p> <p>Sistema de Referência SIRGAS 2000</p> <p>Escala numérica em impressão A3</p> <p>0 1,5 3 6 Km</p>
Agricultura	Corpos d'água												
Área Edificada	Florestas												
Áreas Úmidas	Mosaico Florestas/Áreas Úmidas												
Areia	Silvicultura												
Campos/Pastagens													
			<p>Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí</p> <p>FUNDAÇÃO ZOO BOTÂNICA fepam selia</p> <p>Mapa 10 - Cobertura vegetal e uso do solo - Trecho 03</p>										

Mapa 10. Classificação do uso e ocupação do solo no Trecho 3 da área de estudo.



Mapa 11. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento oeste do Trecho 3 da área de estudo.



Localização	Convenções cartográficas	Legenda	Informações Cartográficas										
<p>Depressão Central Área de Estudo</p>	<p>● Sedes Municipais</p> <p>— Rodovias</p> <hr/> <p>Fonte</p> <p>Imagens World View2, RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS</p>	<table border="0"> <tr> <td> Agricultura</td> <td> Corpos d'água</td> </tr> <tr> <td> Área Edificada</td> <td> Florestas</td> </tr> <tr> <td> Áreas Úmidas</td> <td> Mosaico Florestas/Áreas Úmidas</td> </tr> <tr> <td> Areia</td> <td> Silvicultura</td> </tr> <tr> <td> Campos/Pastagens</td> <td></td> </tr> </table>	Agricultura	Corpos d'água	Área Edificada	Florestas	Áreas Úmidas	Mosaico Florestas/Áreas Úmidas	Areia	Silvicultura	Campos/Pastagens		<p>N</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas</p> <p>Sistema de Referência SIRGAS 2000</p> <p>Escala numérica em impressão A3</p> <p>0 0,75 1,5 3 Km</p>
Agricultura	Corpos d'água												
Área Edificada	Florestas												
Áreas Úmidas	Mosaico Florestas/Áreas Úmidas												
Areia	Silvicultura												
Campos/Pastagens													
			<p>Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí</p> <p>FUNDAÇÃO ZOO BOTÂNICA fepam sellia</p> <p>Mapa 12 - Cobertura vegetal e uso do solo - Trecho 03 - Leste</p>										

Mapa 12. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento leste do Trecho 3 da área de estudo.

Conflitos – áreas convertidas e vetores de pressão

Áreas convertidas e vetores de pressão na faixa de APP ao longo do segmento estudado foram considerados conflitos (Mapas 13 a 22). Áreas convertidas são aquelas que tiveram sua cobertura natural original transformada em usos distintos, e vetores de pressão foram considerados os fatores, internos ou externos, naturais ou ocasionados pelo ser humano, que podem prejudicar ou impactar negativamente APPs, segundo o seu regramento legal. Ainda, lembrando que a largura do rio foi bastante variável, cabe ressaltar que a faixa de 500 m em cada margem do Jacuí abrangeu a totalidade das APPs, mas nem toda a extensão abarcada é de fato de preservação permanente.

De uma forma geral, o uso das APPs está relacionado às condições de geomorfologia, pedologia e disponibilidade hídrica, que condicionam diferentes usos produtivos, à existência de atrativos cênicos, que podem favorecer usos turísticos e a ocupação imobiliária, e à proximidade de áreas urbanas. No caso do segmento estudado no rio Jacuí, as formações naturais (feições não antrópicas na classificação) perfizeram 64% da área total. O mais conservado foi o Trecho 2 (84% de áreas naturais), seguido pelo Trecho 3 (54,7%). O Trecho 1, mais próximo à Região Metropolitana de Porto Alegre e que compreende três sedes municipais – Charqueadas, São Jerônimo e Triunfo, foi o que apresentou o menor percentual de áreas naturais (50,6%), algo esperado pelo histórico de ocupação e urbanização da região.

Os principais responsáveis pela conversão de APPs em outros usos foram a agricultura (vide Figuras 4 e 5) e os campos/pastagens (vide Figuras 12 e 13). A agricultura totalizou aproximadamente $\frac{1}{3}$ da cobertura das áreas convertidas nos Trechos 1 e 3, destacando-se o arroz irrigado, cultura tradicionalmente associada a regiões de várzea no Rio Grande do Sul e que encontra condições amplamente favoráveis nos intervalos da planície de inundação do baixo Jacuí. Na área de estudo a maioria dos campos/pastagens resulta da conversão de florestas e áreas úmidas (Figura 24). Nessa região é também frequente o rodízio entre lavouras e áreas de pousio.

Foi pequena a extensão de áreas convertidas em silvicultura (monoculturas de espécies arbóreas exóticas) nos trechos analisados. A silvicultura é muito mais intensa em terrenos bem drenados, os quais representaram um percentual bastante reduzido na área de estudo, mas são comuns em outros locais na região da Depressão Central (Figura 24-D). Outras atividades econômicas, como a mineração, ocorreram apenas pontualmente, dependendo de condições favoráveis específicas.

A floresta estacional foi possivelmente a formação que sofreu a maior redução em sua extensão original na região. Como os vários tipos de florestas não foram discriminados na classificação, foi impossível quantificar a conversão de áreas originalmente ocupadas por florestas estacionais. Sua distribuição preferencial sobre os terrenos bem drenados fez com que restassem poucos fragmentos ao longo do Jacuí, a maioria deles constituídos de florestas secundárias em diferentes estágios sucessionais.

Intervenções antrópicas relacionadas a obras de engenharia, como as eclusas no segmento do rio estudado, produziram alterações que possivelmente até hoje não foram mensuradas de forma abrangente e detalhada. Observaram-se margens e ambientes fortemente degradados

próximos a essas obras de engenharia (Figura 25-A, B, C), aparentemente sem que estejam ocorrendo no momento medidas de recuperação das margens ou de diminuição do processo contínuo de degradação. Ao longo das atividades de campo foram observados com relativa frequência processos erosivos destruindo barrancas, mesmo em margens estáveis e deposicionais (Figura 25-D, E, F). O processo de desgaste das barrancas é bastante atenuado em margens erosivas vegetadas, o que foi visto em locais contíguos com e sem vegetação (Figura 25-G, H); observou-se o mesmo em margens estáveis com (Figura 26-A, D) e sem vegetação (Figura 26-A, B, C).

Em margens erosivas, a ausência de vegetação pode produzir danos na margem deposicional oposta que vão muito além dos prováveis resultados que ocorreriam de modo natural se as margens fossem vegetadas. Num caso exemplar em Rio Pardo, observou-se, em função da ausência de vegetação na margem erosiva (Figura 26-E), um acúmulo excepcional de sedimentos e a consequente destruição da vegetação em uma larga faixa de florestas e sarandizais na margem deposicional oposta (Figura 26-F, G, H).

Nas áreas próximas ao Delta do Jacuí (início do Trecho 1), foram observadas margens estáveis florestadas com árvores de grande porte e raízes profundas, como indivíduos de angico-vermelho e açoita-cavalo, simplesmente tombando e sendo levados pelo rio. Nesses locais, constatou-se que junto às margens a profundidade do Jacuí pode chegar a 5 m, algo absolutamente incomum e fora do natural. A única explicação plausível parece ser a extração de areia praticamente nas margens do rio, pois do contrário a profundidade não seria desta monta e nem árvores de grande porte seriam tombadas apesar de terem raízes profundas.

Diversos são os fatores que explicam a conversão de APPs em usos que não a manutenção de áreas naturais, como previsto em lei. Contudo, a lei é relativamente recente e a conversão de áreas vem ocorrendo há séculos. Dentre esses fatores, pode-se citar a inexistência ou mínima conscientização da população acerca da importância ambiental e da preservação desses espaços (Pinheiro & Procópio 2008). Todavia há lugares que, mesmo na ausência de leis que obrigassem a tal, preservaram historicamente as margens de cursos d'água pela consciência da importância desses espaços e pelos importantes serviços por eles fornecidos.

As APPs vêm sendo cada vez mais degradadas por ocupações e usos ilegais ao longo do tempo, comprometendo assim as funções ecológicas dos ecossistemas associados. Essas atividades incluem desde a ocupação imobiliária irregular – com a construção de casas, hotéis, pousadas, restaurantes, bares e obras de infraestrutura – e também atividades produtivas diversas como, por exemplo, agricultura, pecuária, silvicultura, mineração e pesca. Intervenções antrópicas em APPs ocasionam degradação ambiental mediante a remoção da vegetação ciliar, poluição dos mananciais, impermeabilização das margens causada por construções e mudanças na paisagem (Araújo & Maia 2009).

Ações de recuperação da vegetação são fundamentais para a conservação de recursos naturais comuns, como as águas, os quais afetam milhares de beneficiários dos serviços ambientais oriundos dos rios e de sua vegetação e ecossistemas associados. Sugere-se, desta forma, que ações de recuperação da vegetação no baixo Jacuí iniciem onde estão os maiores níveis de degradação e conversão de áreas naturais, no caso os Trechos 1 e 3. Algumas dessas áreas convertidas, mesmo consolidadas, comprometem a qualidade ambiental das águas.

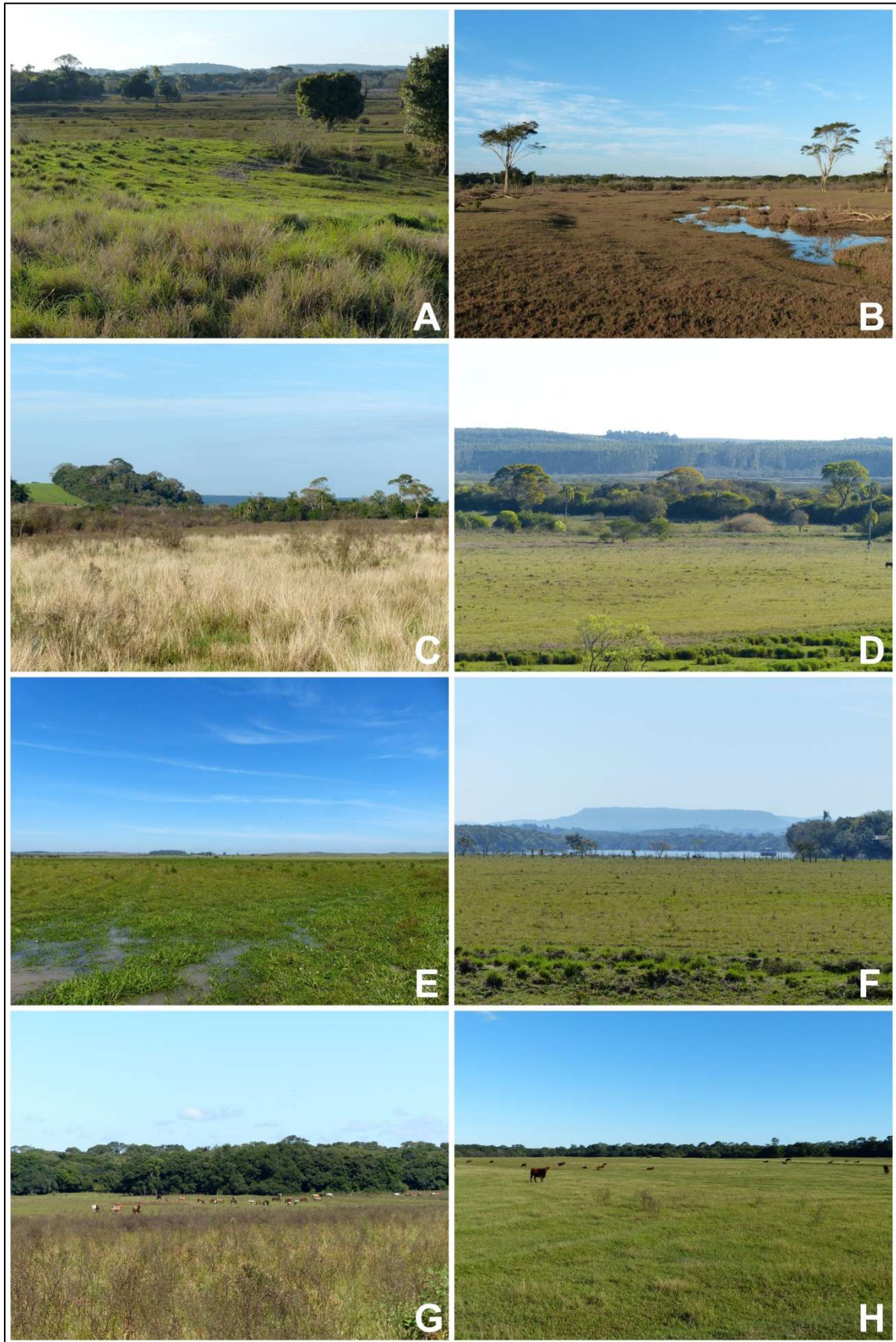


Figura 24. Conflitos – Áreas convertidas e vetores de pressão na faixa de Área de Preservação Permanente em várzeas. A, B, C, E, G e H – Áreas convertidas em pastagens; D – Várzea convertida em pastagens e silvicultura (encosta ao fundo); F – Pastagens se estendendo até a margem do rio. Fotos: © Martin Molz

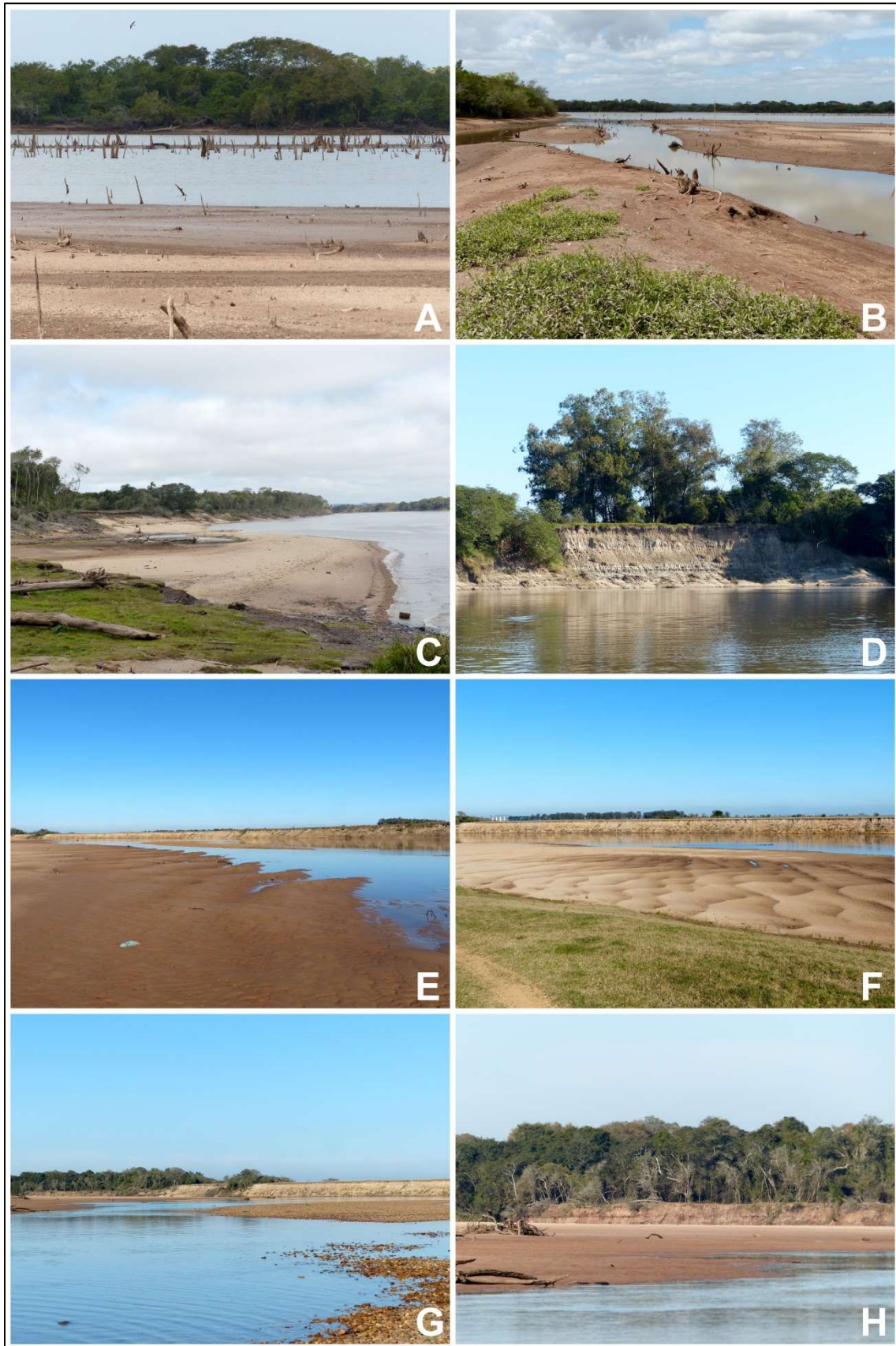


Figura 25. Intervenções antrópicas e conflitos na faixa de Área de Preservação Permanente. A e B – Alterações na paisagem decorrentes da Eclusa de Amarópolis; C – Alterações na paisagem decorrentes da Eclusa Anel de Dom Marco; D, E, F – Margem estável sendo erodida e falta de cobertura vegetal; G – Margem erosiva com (esquerda) e sem vegetação (direita); H – Margem erosiva vegetada na curva do rio (H). Fotos: © Martin Molz

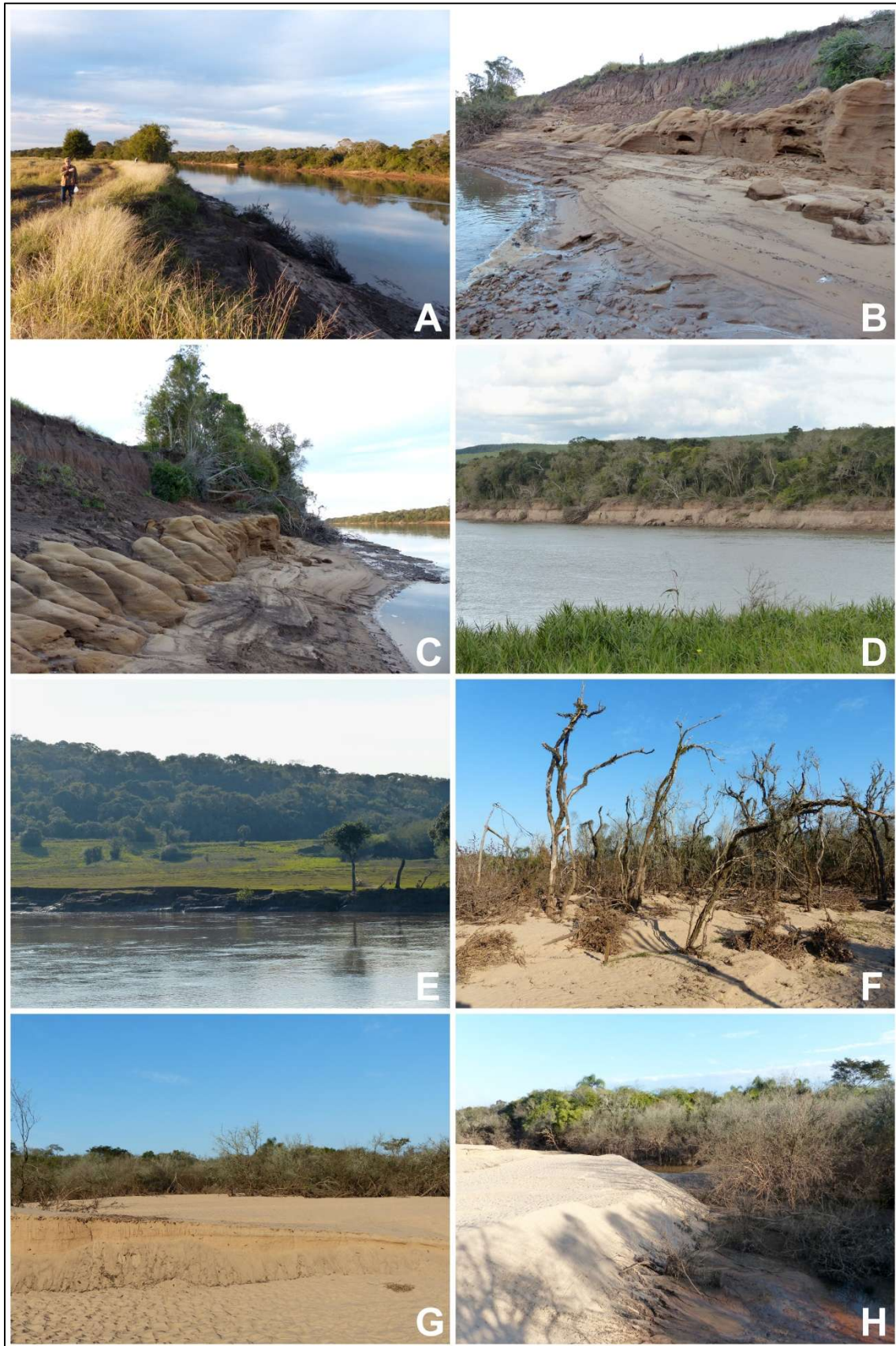
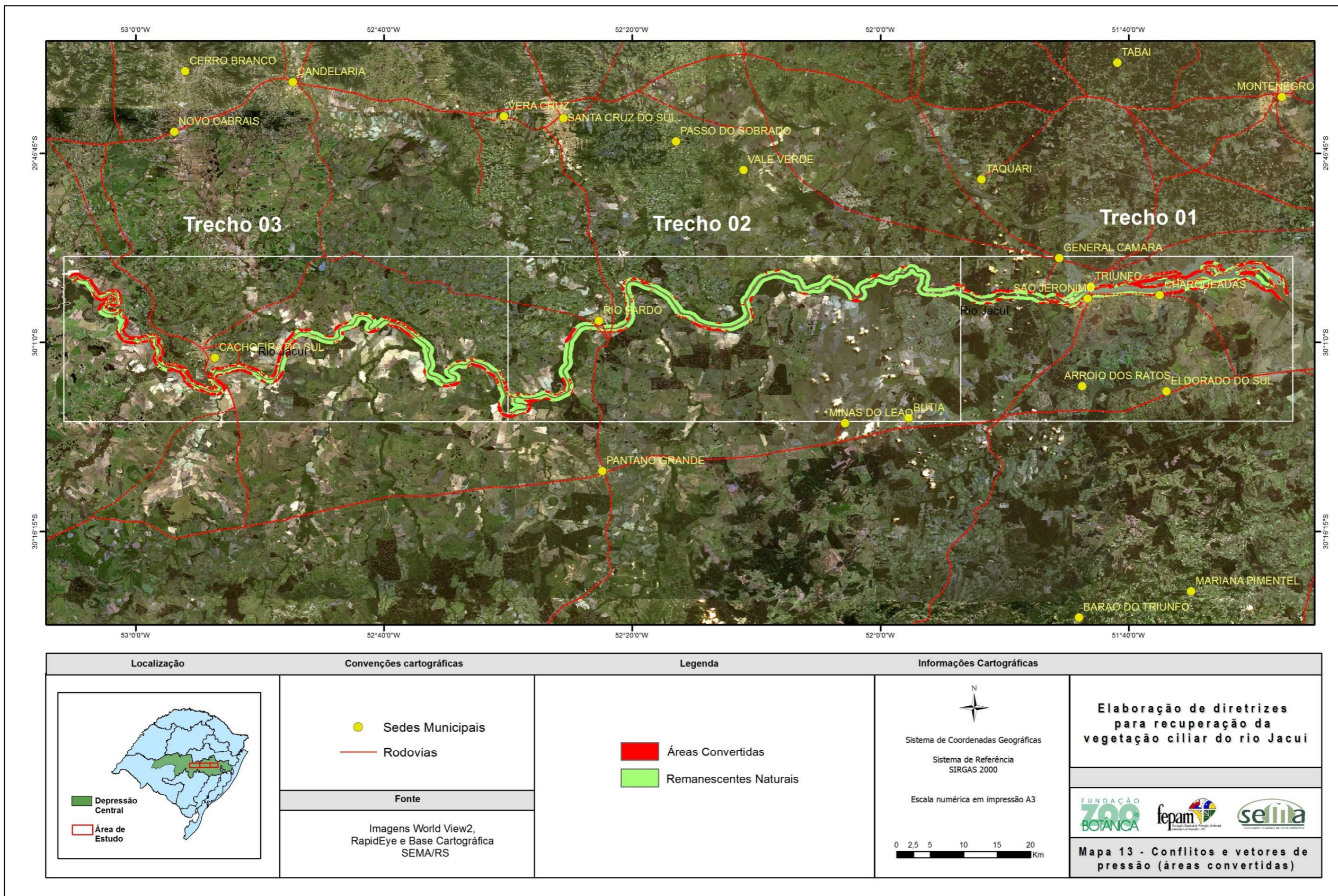
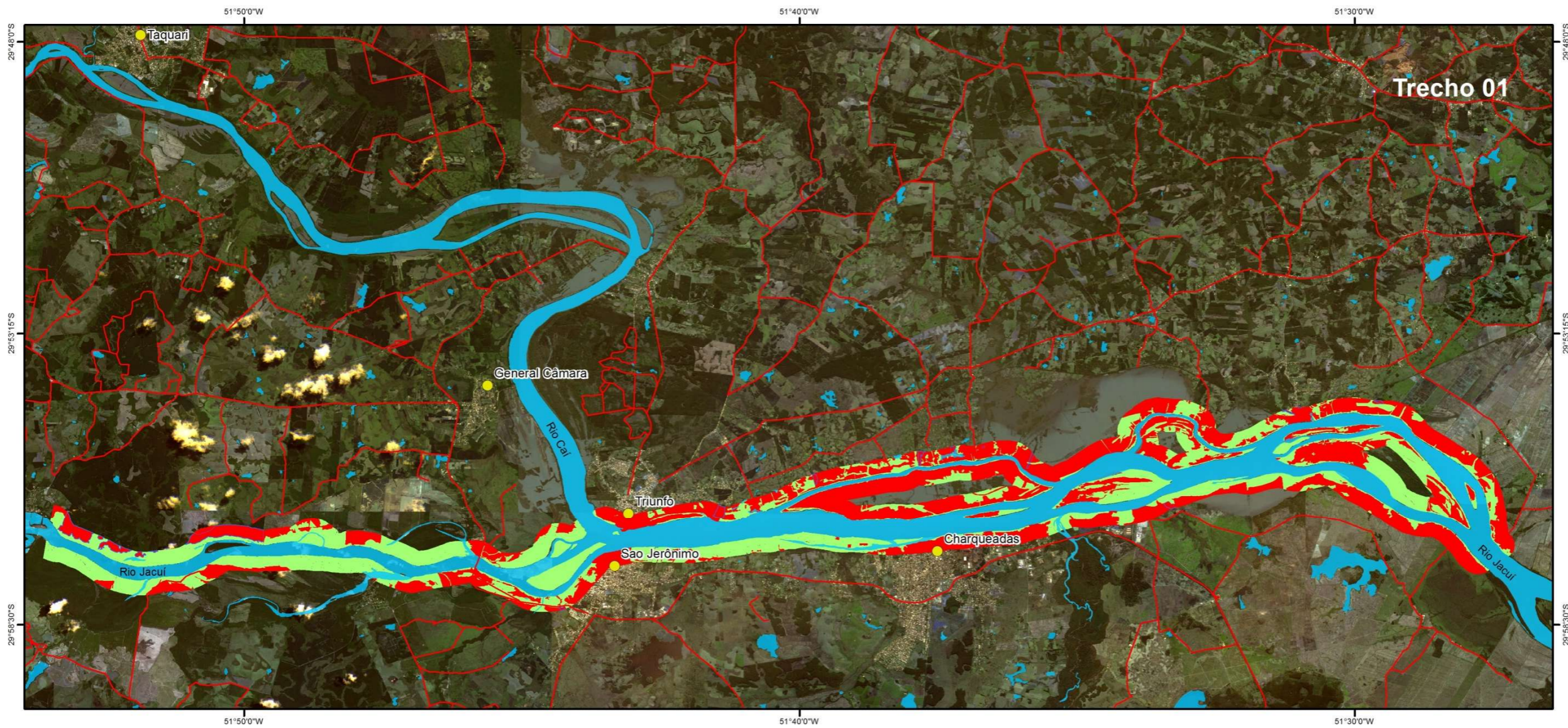


Figura 26. Destruição e alterações em Áreas de Preservação Permanente. A – Contraste entre margem estável vegetada (direita) e não vegetada (esquerda); B e C – Margem estável sem vegetação muito desgastada; D – Margem estável erodida; E – Margem erosiva sem vegetação; F, G e H – Acúmulo de sedimentos e destruição em margem deposicional por ausência de vegetação na margem erosiva oposta (E). Fotos: © Martin Molz

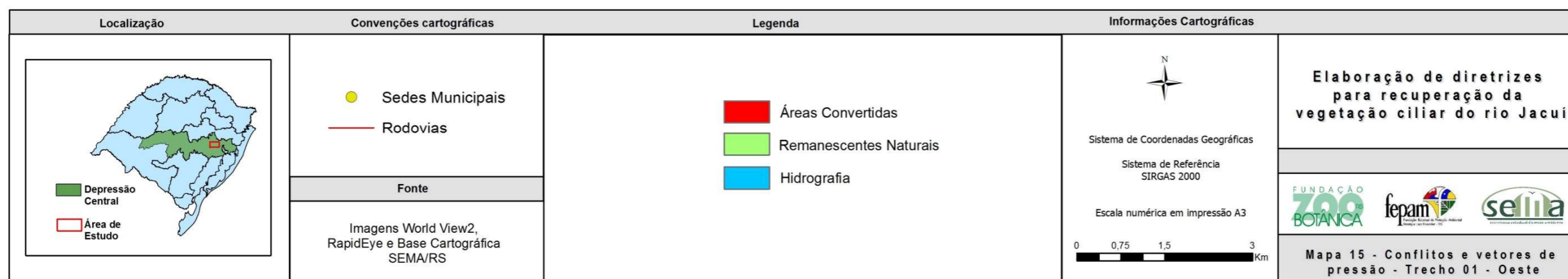
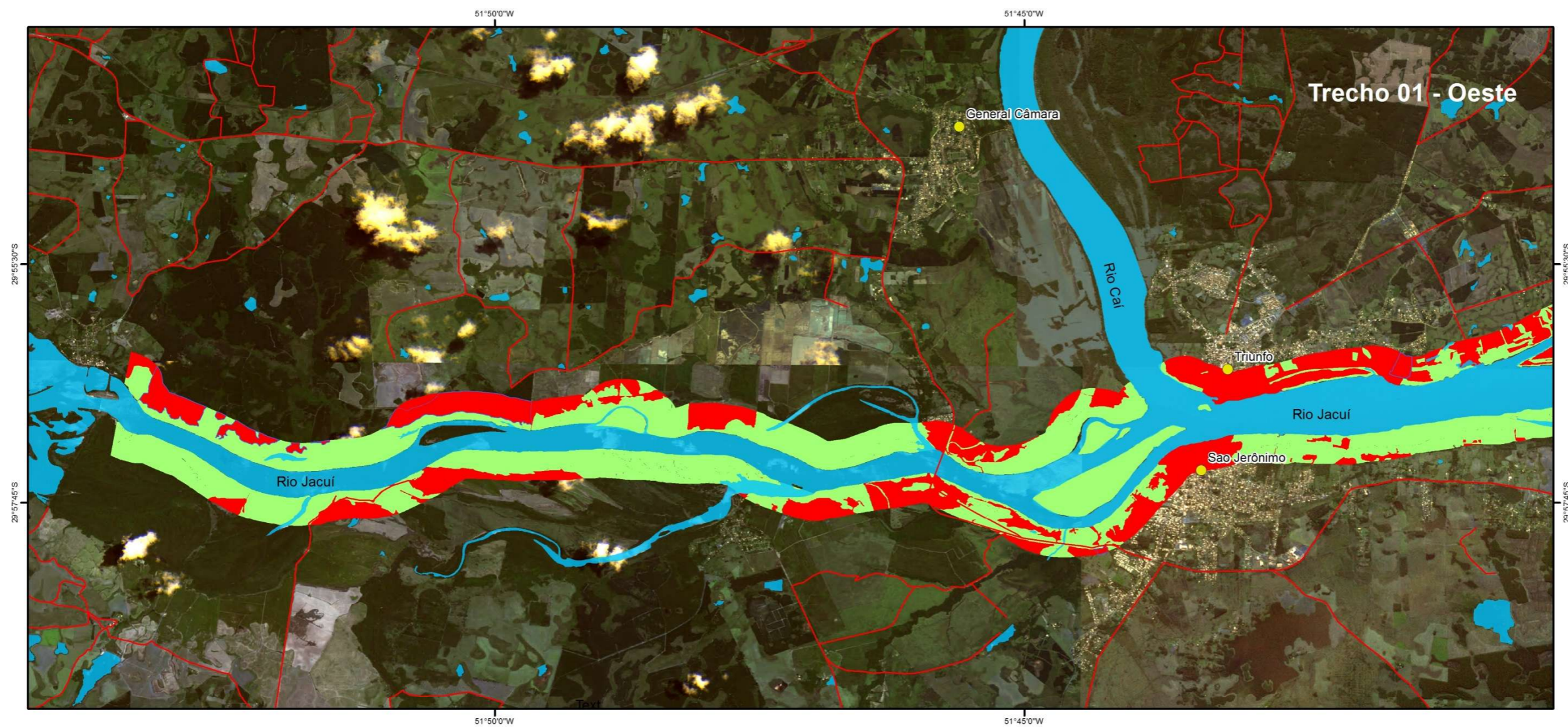


Mapa 13. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no baixo rio Jacuí.

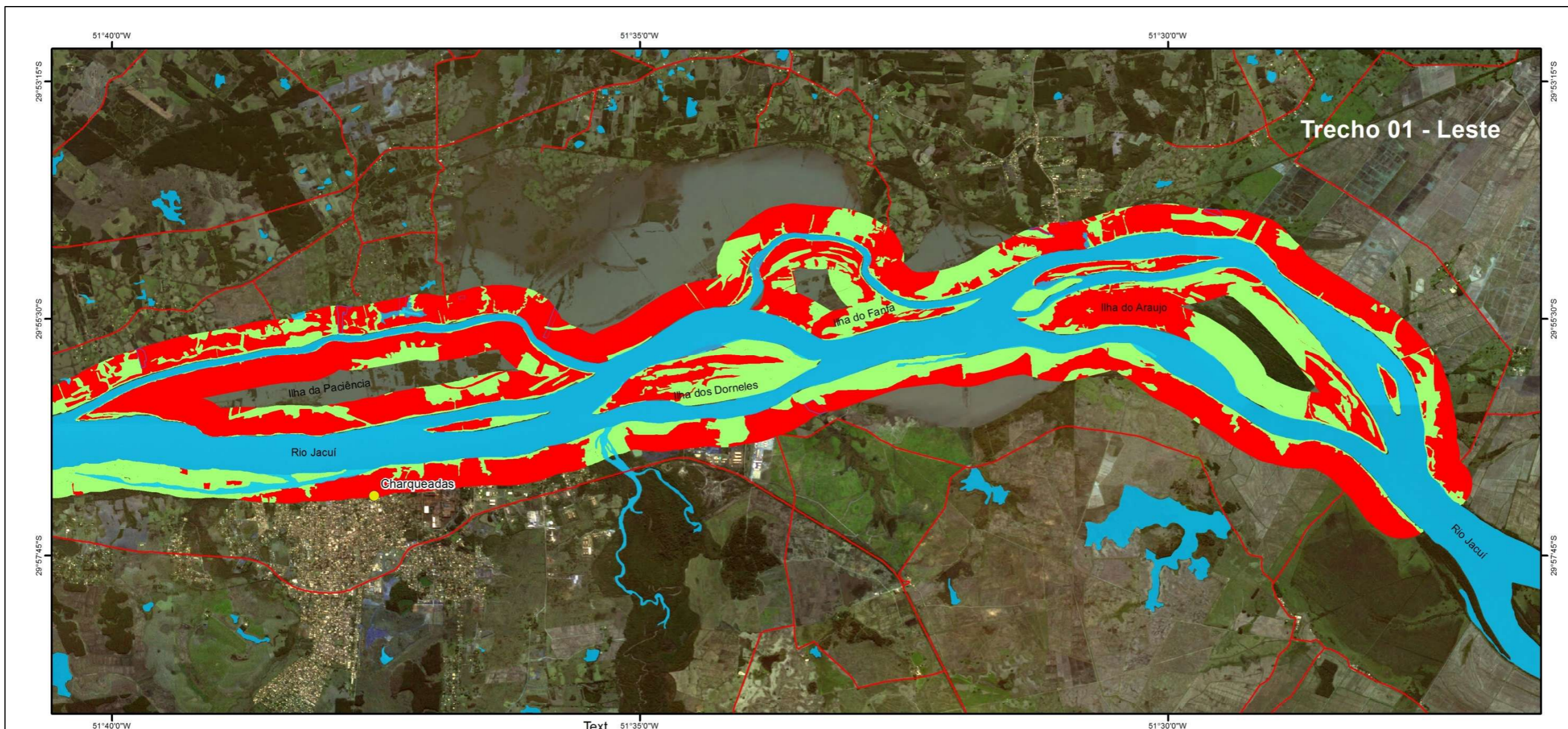


Localização	Convenções cartográficas	Legenda	Informações Cartográficas
<p>Depressão Central Área de Estudo</p>	<p>● Sedes Municipais — Rodovias</p> <hr/> <p>Fonte</p> <p>Imagens World View2, RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS</p>	<p>■ Áreas Convertidas ■ Remanescentes Naturais ■ Hidrografia</p>	<p>N</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas Sistema de Referência SIRGAS 2000</p> <p>Escala numérica em impressão A3</p> <p>0 1 2 4 Km</p> <p>Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí</p> <p>FUNDAÇÃO ZOO BOTÂNICA fepam semilla</p> <p>Mapa 14 - Conflitos e vetores de pressão - Trecho 01</p>

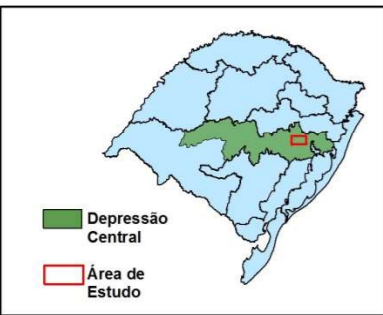


Mapa 14. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no Trecho 1 do baixo rio Jacuí.



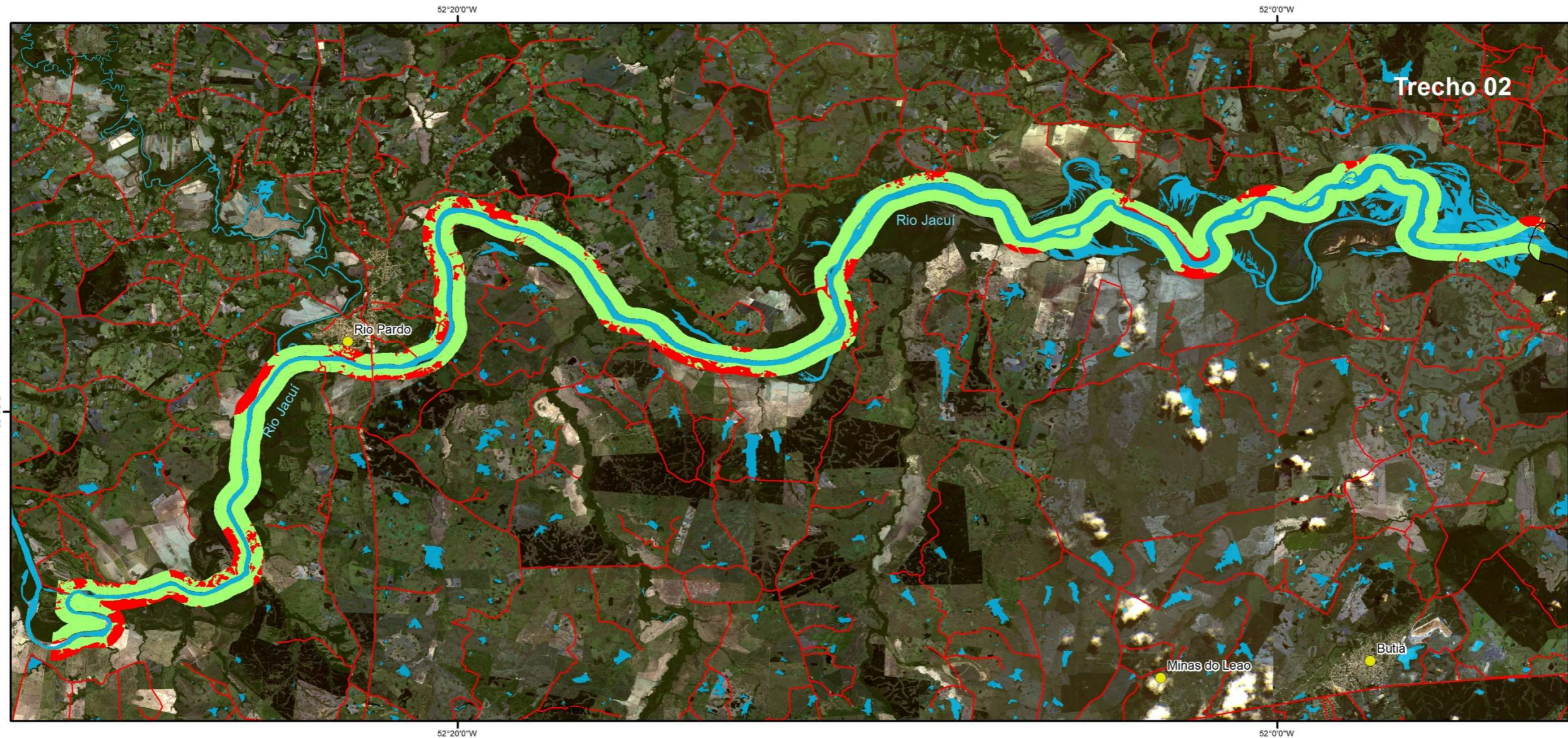
Mapa 15. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento oeste do Trecho 1 do baixo rio Jacuí.



Trecho 01 - Leste

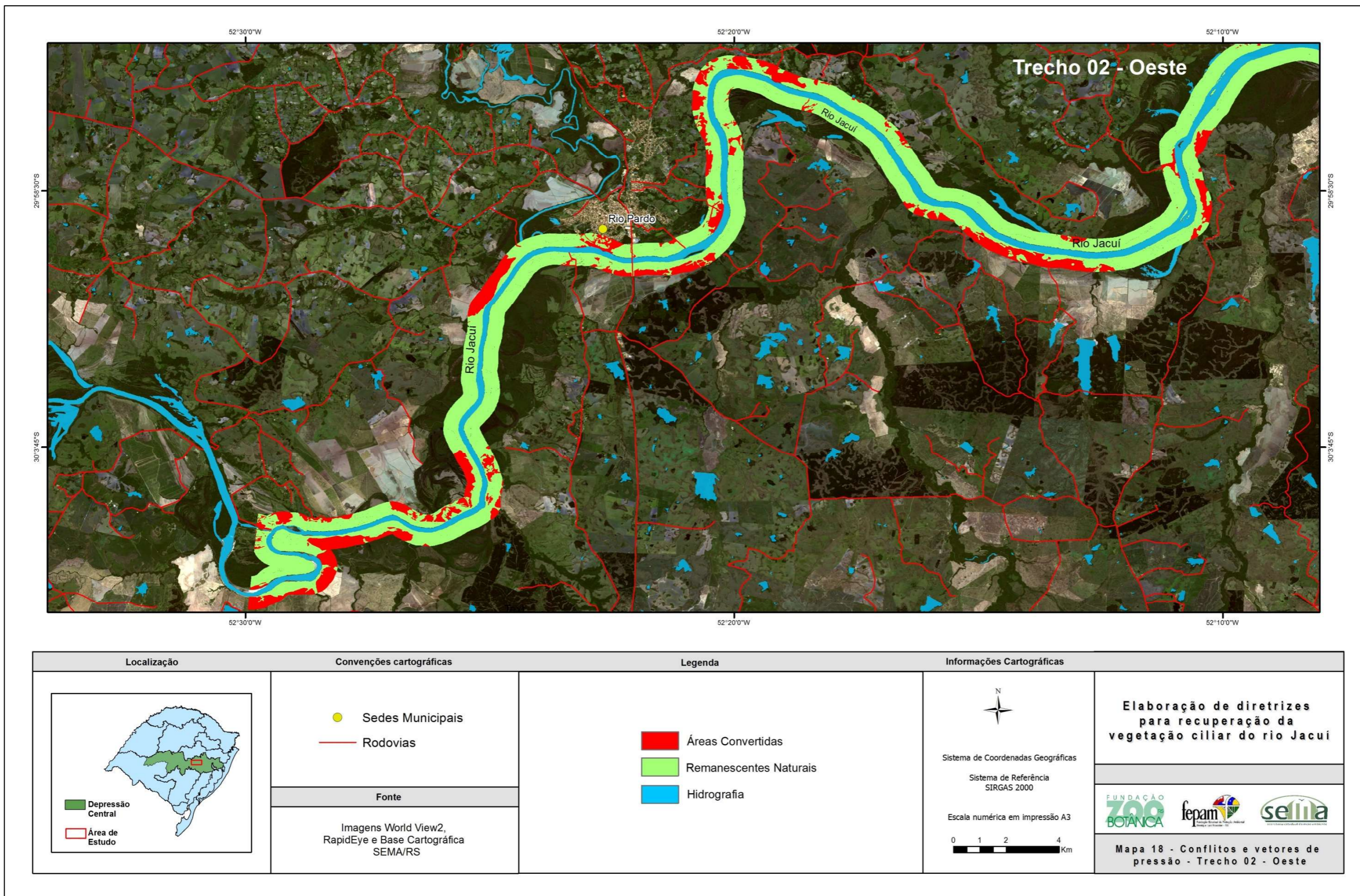
Localização	Convenções cartográficas	Legenda	Informações Cartográficas
 <p>Depressão Central Área de Estudo</p>	<p>● Sedes Municipais — Rodovias</p> <hr/> <p>Fonte</p> <p>Imagens World View2, RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS</p>	<p>■ Áreas Convertidas ■ Remanescentes Naturais ■ Hidrografia</p>	<p>N</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas Sistema de Referência SIRGAS 2000</p> <p>Escala numérica em impressão A3</p>  <p>Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí</p>  <p>Mapa 16 - Conflitos e vetores de pressão - Trecho 01 - Leste</p>

Mapa 16. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento leste do Trecho 1 do baixo rio Jacuí.

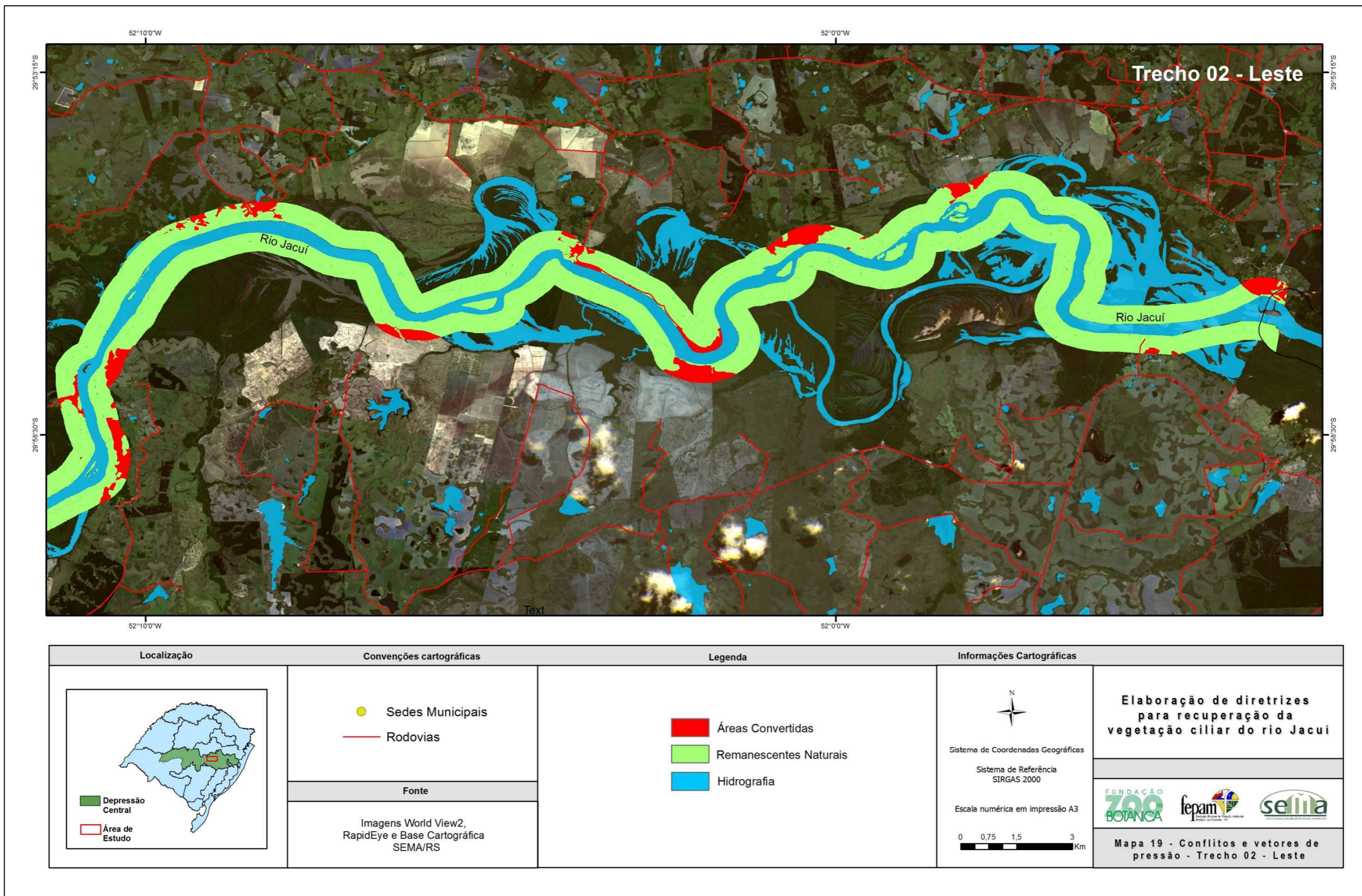


Localização	Convenções cartográficas	Legenda	Informações Cartográficas
<p>Depressão Central Área de Estudo</p>	<p>● Sedes Municipais — Rodovias</p> <hr/> <p>Fonte</p> <p>Imagens World View2, RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS</p>	<p>■ Áreas Convertidas ■ Remanescentes Naturais ■ Hidrografia</p>	<p>↑ N</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas Sistema de Referência SIRGAS 2000</p> <p>Escala numérica em impressão A3</p> <p>0 1,5 3 6 Km</p>
			<p>Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí</p> <p>FUNDAÇÃO ZOO BOTÂNICA fepam selita</p> <p>Mapa 17 - Conflitos e vetores de pressão - Trecho 02</p>

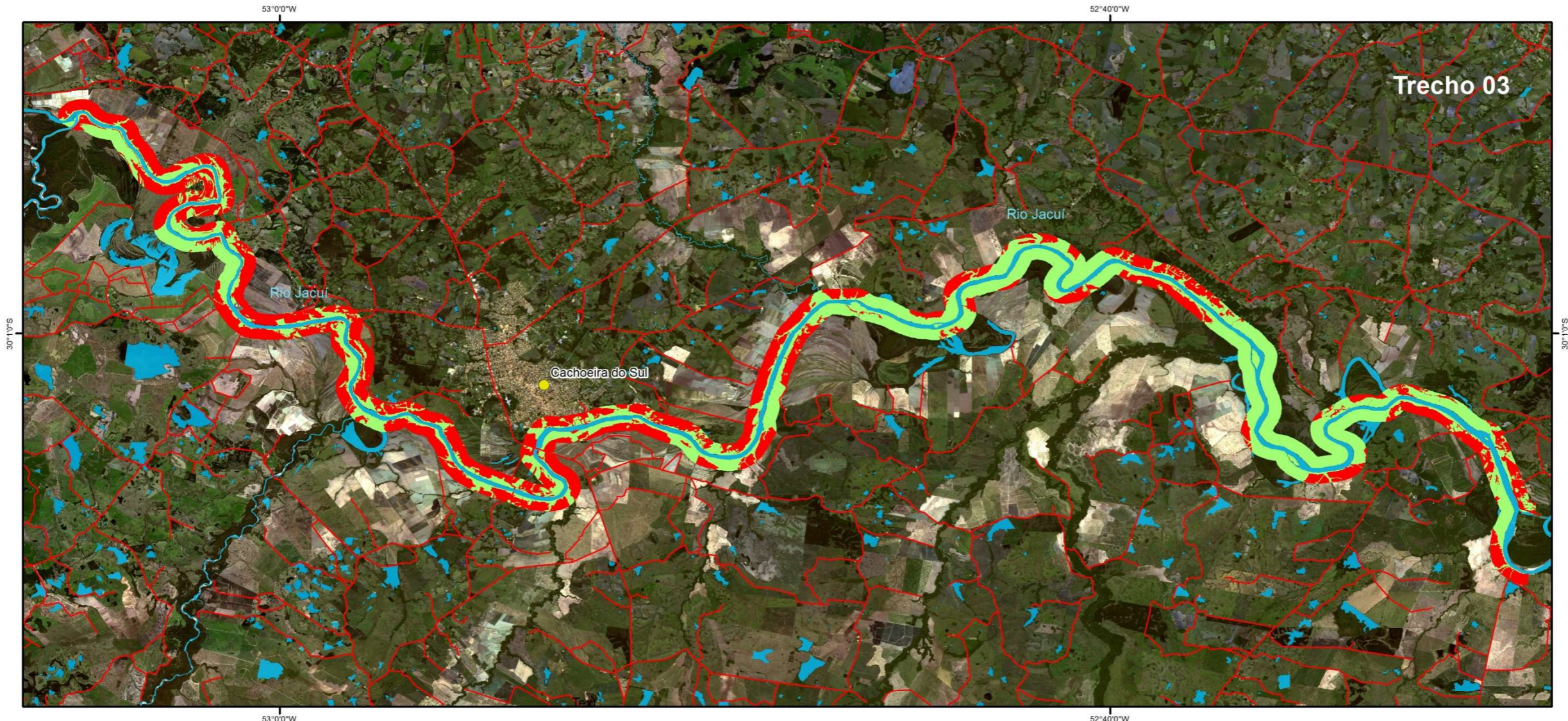
Mapa 17. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no Trecho 2 do baixo rio Jacuí.



Mapa 18. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento oeste do Trecho 2 do baixo rio Jacuí.

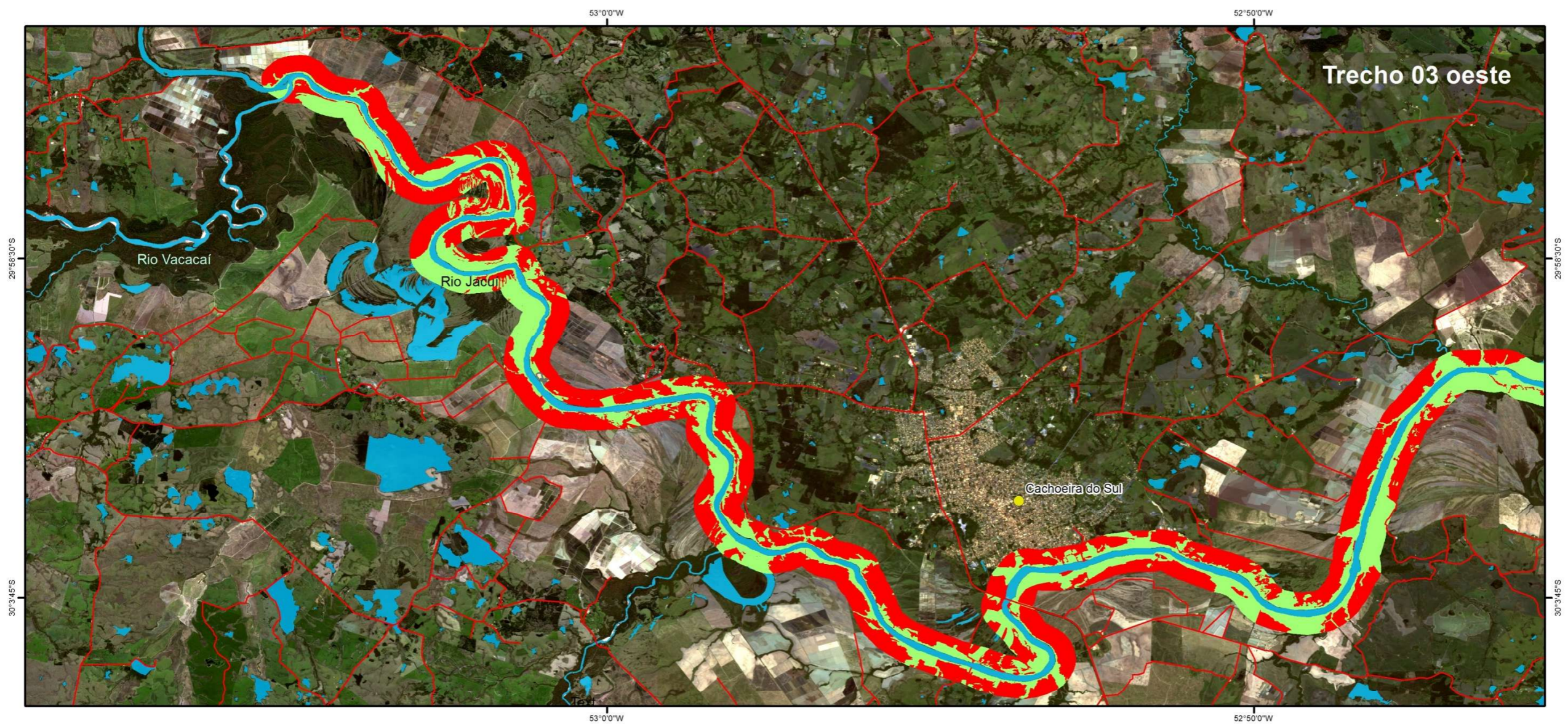


Mapa 19. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento leste do Trecho 2 do baixo rio Jacuí.



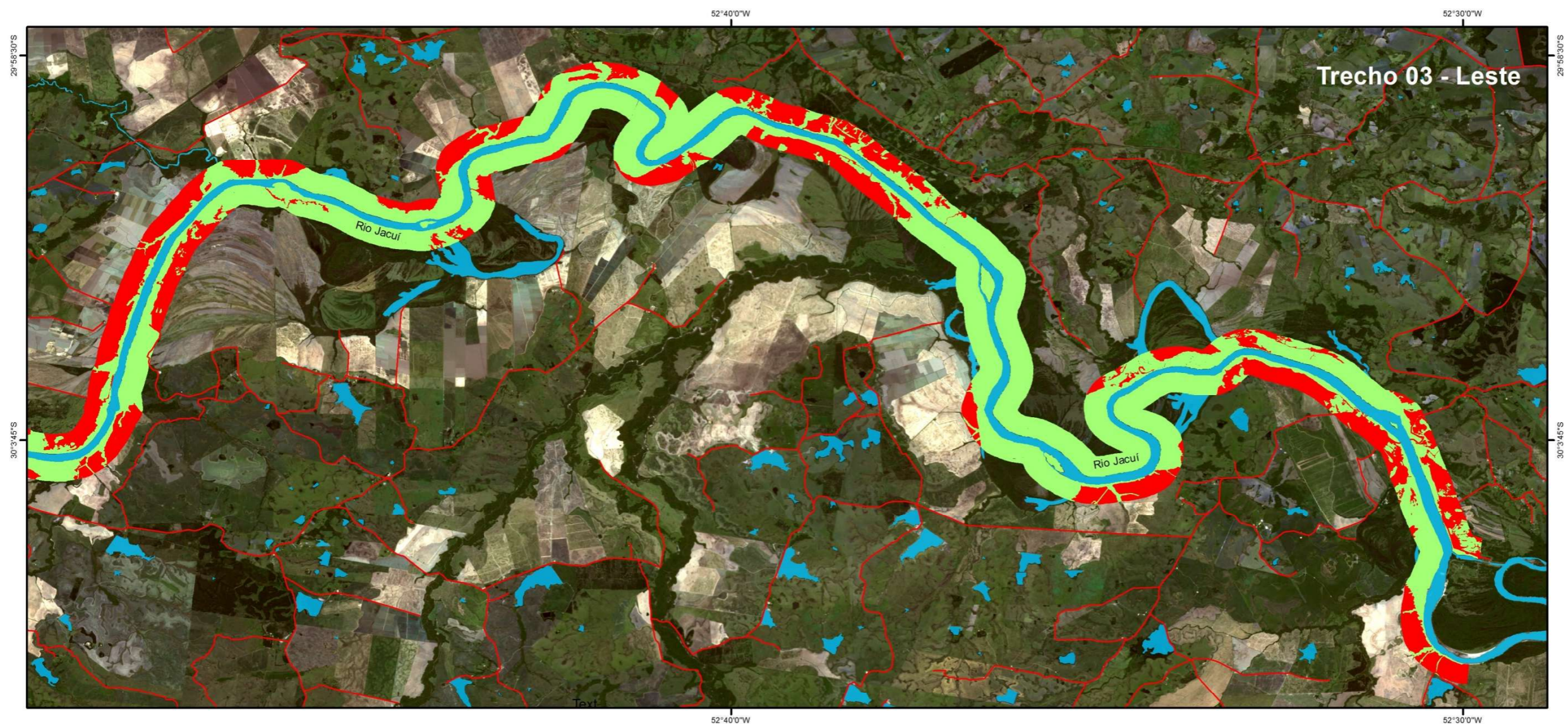
Localização	Convenções cartográficas	Legenda	Informações Cartográficas
<p>Depressão Central Área de Estudo</p>	<p>● Sedes Municipais — Rodovias</p> <p>Fonte Imagens World View2, RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS</p>	<p>■ Áreas Convertidas ■ Remanescentes Naturais ■ Hidrografia</p>	<p>↑ N</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas Sistema de Referência SIRGAS 2000</p> <p>Escala numérica em impressão A3 0 1,5 3 6 Km</p> <p>Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí</p> <p>FUNDAÇÃO ZOO BOTÂNICA fepam semia</p> <p>Mapa 20 - Conflitos e vetores de pressão - Trecho 03</p>

Mapa 20. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no Trecho 3 do baixo rio Jacuí.



Localização	Convenções cartográficas	Legenda	Informações Cartográficas
<p>Depressão Central Área de Estudo</p>	<p>● Sedes Municipais — Rodovias</p> <hr/> <p>Fonte</p> <p>Imagens World View2, RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS</p>	<p>■ Áreas Convertidas ■ Remanescentes Naturais ■ Hidrografia</p>	<p>N</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas Sistema de Referência SIRGAS 2000</p> <p>Escala numérica em impressão A3</p> <p>0 1 2 4 Km</p>
			<p>Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí</p> <p>FUNDAÇÃO ZOO BOTÂNICA fepam selita</p> <p>Mapa 21 - Conflitos e vetores de pressão - Trecho 03 - Oeste</p>

Mapa 21. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento oeste do Trecho 3 do baixo rio Jacuí.



Localização	Convenções cartográficas	Legenda	Informações Cartográficas
<p>Depressão Central</p> <p>Área de Estudo</p>	<p>● Sedes Municipais</p> <p>— Rodovias</p> <hr/> <p>Fonte</p> <p>Imagens World View2, RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS</p>	<p>■ Áreas Convertidas</p> <p>■ Remanescentes Naturais</p> <p>■ Hidrografia</p>	<p>N</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas</p> <p>Sistema de Referência SIRGAS 2000</p> <p>Escala numérica em impressão A3</p> <p>0 0,75 1,5 3 Km</p>
<p>Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí</p>			
<p>Mapa 22 - Conflitos e vetores de pressão - Trecho 03 - Leste</p>			

Mapa 22. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento leste do Trecho 3 do baixo rio Jacuí.

Vegetação: formações e espécies mais características

A vegetação apresentou amplas variações nas formações e na composição, a qual é tratada em outra parte do texto. As diferenças resultam de contrastes ao longo do trajeto do rio e da heterogeneidade causada pela dinâmica das águas. A heterogeneidade ambiental é considerada um dos fatores determinantes na estruturação de comunidades (Stein *et al.* 2014, Yang *et al.* 2015) e, juntamente com a escala (e.g., Levin 1992, Chave 2013) e fatores climáticos (e.g., Stenseth *et al.* 2002, Woodward *et al.* 2004), é um fator-chave que afeta o desenvolvimento e a ordenação de gradientes ambientais.

A planície de inundação de um rio é dinâmica e variável, e mudanças temporais resultantes da dinâmica dos pulsos de inundação se refletem na distribuição e composição das comunidades vegetais na paisagem (e.g., Gregory *et al.* 1991). Como em outros rios, no baixo Jacuí o processo dinâmico das águas também origina variações marcantes na topografia, nos solos, na drenagem do terreno e, conseqüentemente, na distribuição das formações e das espécies que as compõem. Abaixo são brevemente descritas as formações na região, incluindo a distribuição de cada formação no gradiente de distância a partir do rio e suas espécies mais características.

Florestas

Incluíram diversas tipologias em geral facilmente identificáveis, mas a extraordinária variabilidade topográfica em alguns locais, sobretudo na várzea – com seus depósitos de sedimentos, valas de drenagem, baixadas etc. –, produz uma constante alternância entre formações mais características de áreas alagadas ou mal drenadas, que predominaram no segmento estudado, e outras de áreas mais ou menos bem drenadas. Deste modo, os limites entre formações nem sempre são rígidos e algumas vezes foi complexo designar um trecho como pertencente a esta ou aquela formação em particular.

Em áreas alagadas ou mal drenadas, os sítios com presença constante de gradientes entre formações florestais e limites por vezes pouco nítidos foram inclusos na tipologia denominada “floresta de várzea”. As demais formações florestais presentes na área de estudo foram o “camboinzal”, a “floresta de branquinhos” e a “floresta de ingazeiros”, igualmente de áreas mal drenadas, além da “floresta estacional”, única formação característica de áreas bem drenadas.

Camboinzal

Os camboinzais foram relativamente frequentes na várzea (Figura 27). São florestas baixas (até 8-9 m) com elevada densidade de indivíduos de camboim (*Myrciaria tenella*), a maioria deles muito ramificada. Em terrenos mais drenados os camboins ocorrem frequentemente com outras mirtáceas, como a pedra-ume-caá (*Myrcia multiflora*), a pitangueira (*Eugenia uniflora*), o guapití-una (*Eugenia mansoi*) e o guamirim-burro (*Eugenia hiemalis*), quando formam “matinhas de mirtáceas” (Figura 28), assim denominadas por Rambo (1956). Por serem florestas baixas, os camboinzais abrigam diversas espécies pioneiras e secundárias iniciais, mas quando acompanhados de outras mirtáceas exibem maior riqueza de espécies, algumas delas secundárias tardias.



Figura 27. Camboizal: formação dominada por indivíduos de camboim (*Myrciaria tenella*). Foto: © Martin Molz



Figura 28. Camboizal associado a outras espécies de Myrtaceae ("matinha de mirtáceas", *sensu* Rambo 1956). Foto: © Martin Molz

Floresta de várzea

Foi o termo genérico adotado para designar as florestas ao longo da planície de inundação (várzea) onde predominaram mosaicos florestais com ou sem a presença de uma espécie dominante. De um modo geral, as florestas de várzea sofrem inundação periódica ou permanente, apresentam riqueza de espécies reduzida e são fisionomicamente mais homogêneas (Figuras 29 a 34).

Os estratos foram geralmente dominados por poucas espécies: no dossel, que pode atingir 20 m de altura, foram comuns o ingá-de-beira-de-rio (*Inga vera*), o açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), a canela (*Nectandra angustifolia*) e o aguai (*Pouteria gardneriana*); no subdossel ocorreram o chá-de-bugre (*Casearia sylvestris*), o jerivá (*Syagrus romanzoffiana*), o camboatá-vermelho (*Cupania vernalis*), entre outras espécies; e no sub-bosque foram frequentes o branquilha (*Gymnanthes klotzschiana*), a laranjeira-do-mato (*Actinostemon concolor*), o camboim (*Myrciaria tenella*) e a pitangueira, por exemplo. No estrato arbustivo as espécies mais abundantes foram o cafeeiro-do-mato (*Psychotria carthagenensis*) e a embira (*Daphnopsis racemosa*). O ingá-de-beira-de-rio e o branquilha formam algumas vezes florestas com elevada densidade de indivíduos, onde o primeiro ocupa o dossel e o segundo domina o sub-bosque, acrescidos de algumas poucas outras espécies.



Figura 29. Floresta de várzea junto à foz do arroio Capivari (metade direita da imagem), Rio Pardo. Foto: © Martin Molz



Figura 30. Floresta de várzea com muitos taquaruçus-de-espinho (*Guadua trinii*). Foto: © Martin Molz

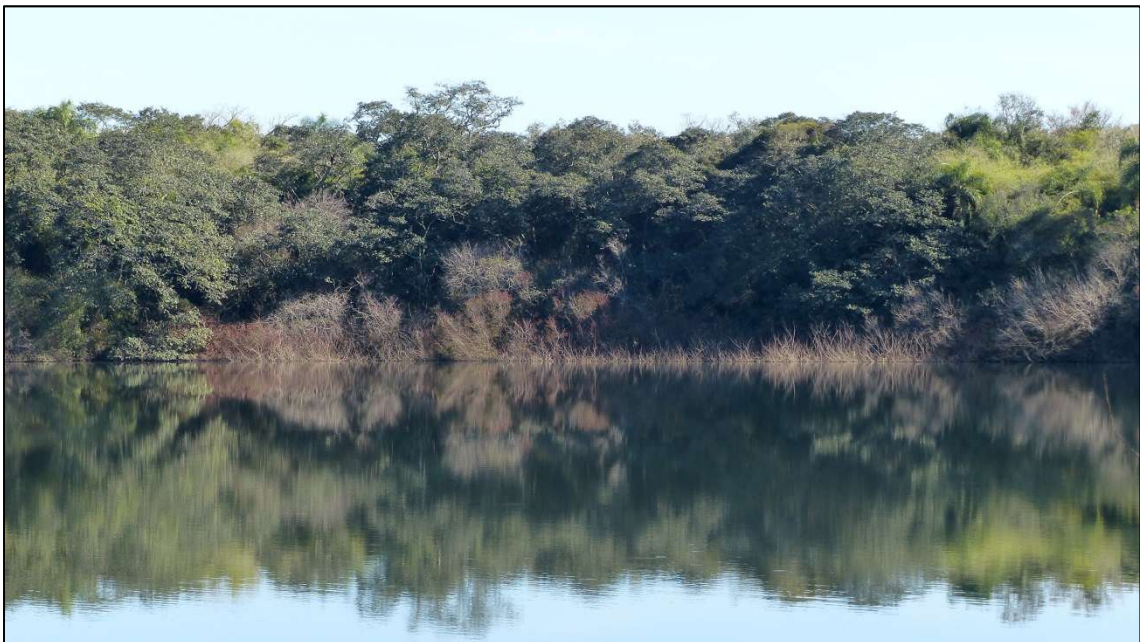


Figura 31. Floresta de várzea e sarandis (junto à água) na lagoa das Pombas, Rio Pardo. Foto: © Martin Molz



Figura 32. Floresta de várzea com salgueiros (*Salix humboldtiana*) próxima ao Delta do Jacuí, Triunfo. Foto: © Martin Molz

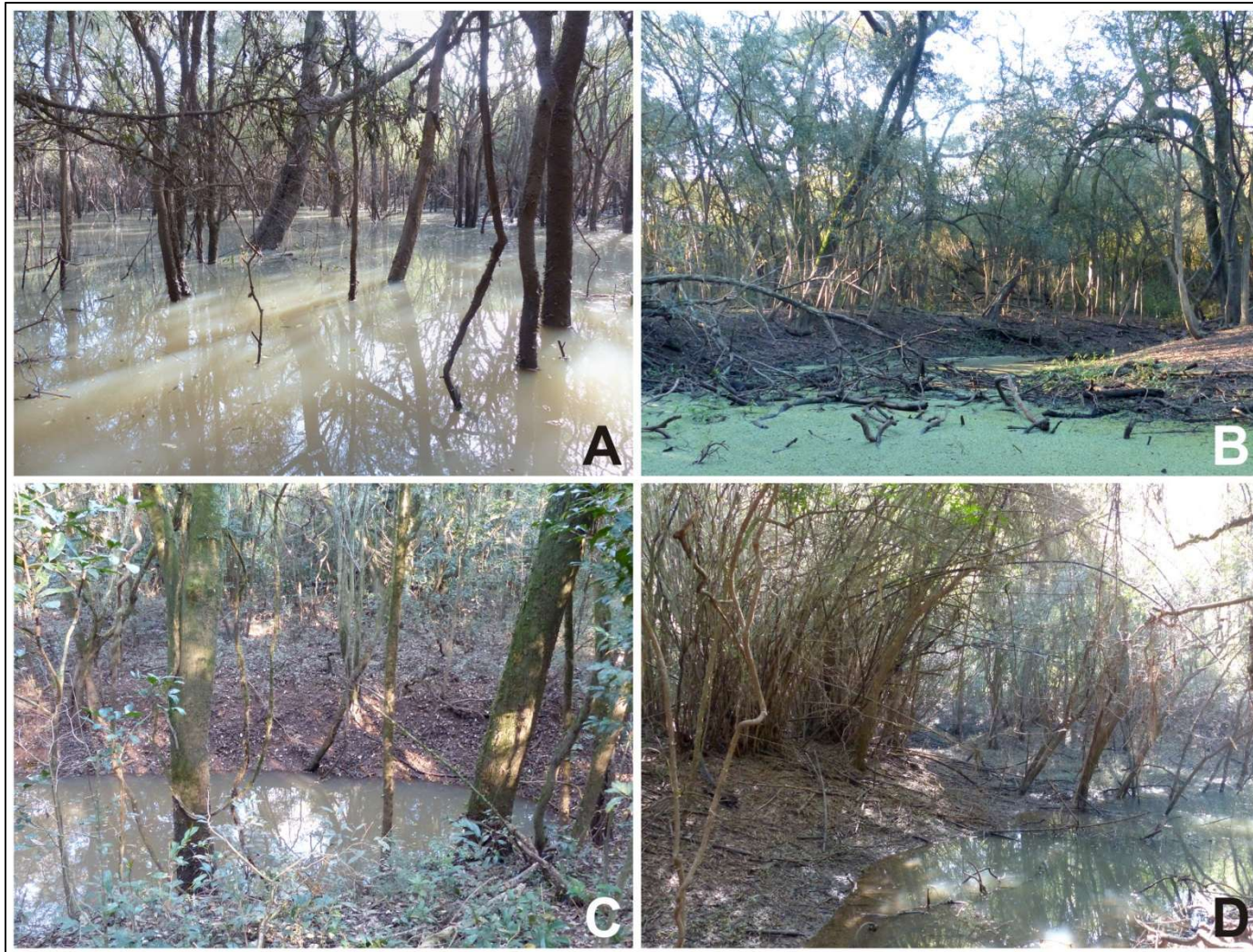


Figura 33. Florestas de várzea: A – Floresta alagada; B – Floresta com vala e numerosos escombros lenhosos; C – Efeitos de microvariações topográficas sobre a drenagem e a vegetação; D – Floresta com taquaruçus-de-espinho (*Guadua trinii*). Fotos: © Martin Molz

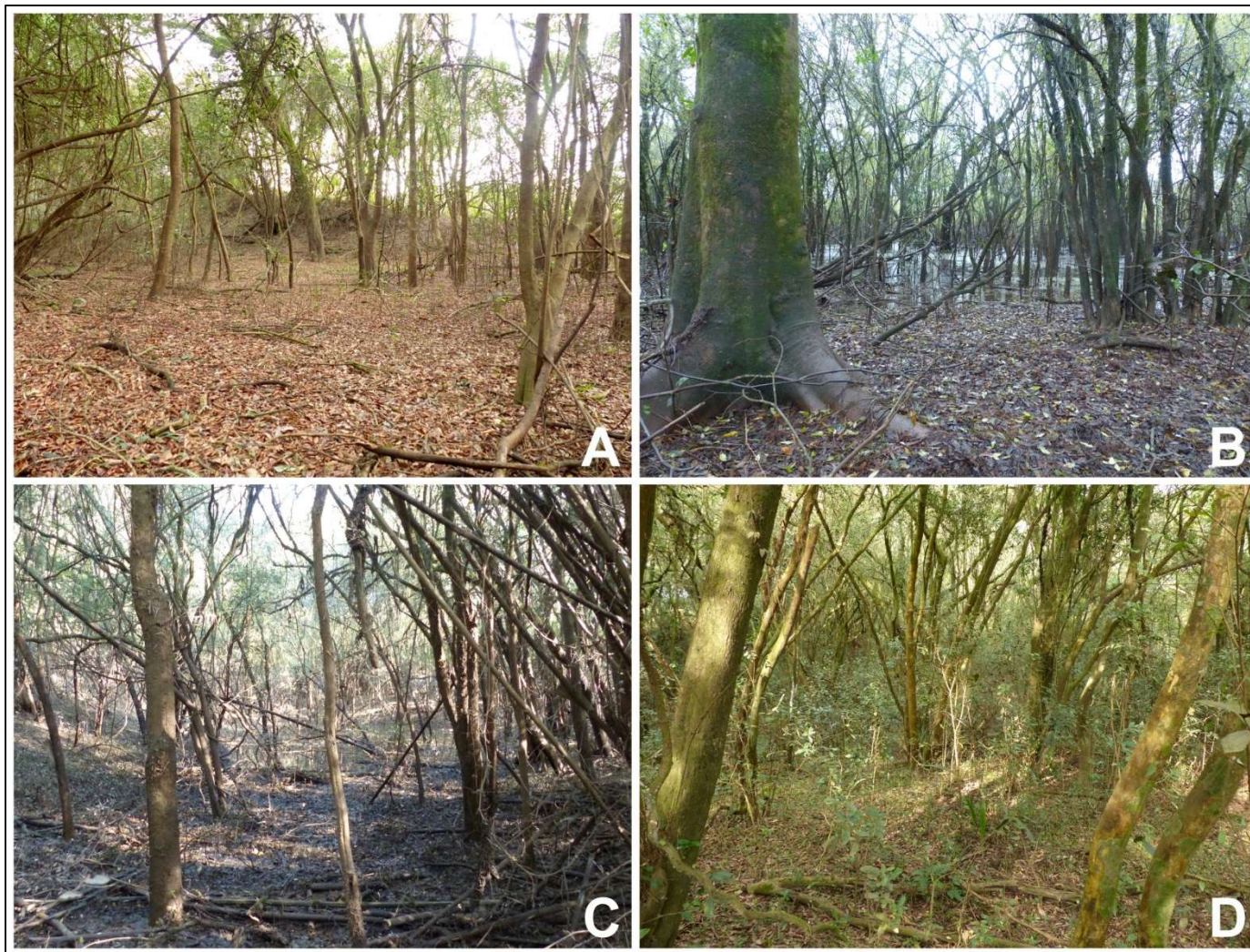


Figura 34. Florestas de várzea: A – Floresta contígua ao dique marginal; B – Transição entre uma área mal drenada e outra alagada; C – Floresta sujeita a longos períodos de inundação; D – Floresta sujeita a breves períodos de inundação. Fotos: © Martin Molz

Floresta de branquilhos

Foi uma das formações mais homogêneas e características na várzea do rio em trechos mal drenados, quase sempre próxima a sarandizais (Figuras 35 e 36). Trata-se de uma floresta baixa com até 10-12 m de altura e elevada densidade de indivíduos de branquilha (*Gymnanthes klotzschiana*), por vezes acompanhados de uns poucos indivíduos de outras espécies. Ocorreu principalmente em torno de áreas permanentemente alagadas.



Figura 35. Floresta de branquilhos (*Gymnanthes klotzschiana*). Foto: © Martin Molz



Figura 36. Floresta de branquilhos: A – Aspecto exterior da formação; B – Aspecto interior da formação. Fotos: A – © Martin Molz; B – © Mariano Pairet

Floresta de ingazeiros

A floresta de ingazeiros (Figuras 37 e 38) também esteve entre as formações mais distintas de áreas temporária ou permanentemente alagadas na planície de inundação do rio. Caracteriza-se pela dominância de ingá-de-beira-de-rio (*Inga vera*), que em alguns trechos podem representar até 95% de todos os indivíduos no dossel. É uma formação bastante homogênea, algumas vezes com indivíduos de porte elevado que podem atingir até 1 m de diâmetro e mais de 20 m de altura.



Figura 37. Floresta de ingazeiros: Aspecto exterior em área do rio sem dique marginal. Foto: © Martin Molz

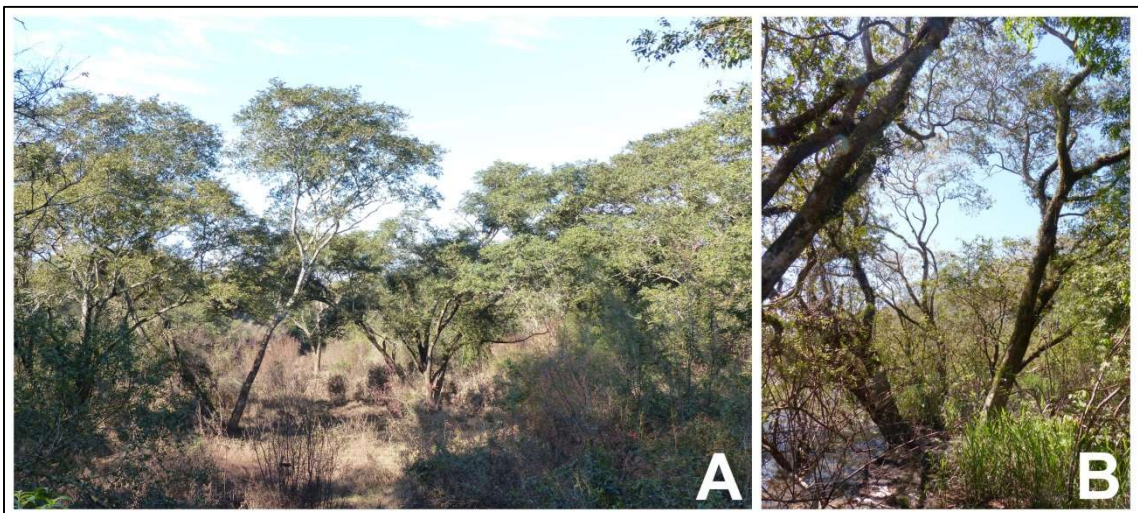


Figura 38. Floresta de ingazeiros: A – Ingás-de-beira-de-rio (*Inga vera*) colonizando a várzea; B – Floresta de ingazeiros na beira do rio Jacuí, São Jerônimo. Fotos: © Martin Molz

Floresta estacional

Dada a preponderância de espécies estacionais, as florestas em áreas bem drenadas ou sujeitas a breves períodos de inundação foram denominadas de florestas estacionais. De modo geral foram bastante heterogêneas devido a variações no terreno, distribuindo-se sobre o dique marginal (Figura 39) e elevações na planície de inundação, margens altas de lagoas (Figura 40) e encostas (Figura 41). Quanto mais próximas ao rio e/ou sujeitas a pulsos de inundação, mesmo que por breves períodos, menores a riqueza de espécies e o porte da floresta; quanto mais distantes do rio e/ou em terrenos bem drenados, maiores a riqueza e o porte da floresta (Figura 42).

As florestas situadas sobre o dique marginal variaram em composição, riqueza e porte (12-20 m de altura) de acordo com a elevação, a extensão e o tempo de formação do dique. O terreno do dique costuma ser relativamente bem drenado, mas sujeito a períodos de inundação. Nas áreas bem drenadas e estáveis foram comuns indivíduos emergentes de grápia (*Apuleia leiocarpa*), espécie muito característica que se destaca fisionomicamente na paisagem, tanto no dique quanto na encosta. Em florestas mais altas foram relativamente frequentes no dossel o açoita-cavalo, o angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), o camboatá-branco (*Matayba elaeagnoides*), a canela (*Nectandra angustifolia*), a guajuvira, a batinga-branca (*Eugenia ramboi*), o marmeleiro (*Ruprechtia laxiflora*) e a uvaia (*Eugenia pyriformis*); no subdossel ocorreram o aguáí (*Pouteria gardneriana*), o chá-de-bugre, a guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*), o chal-chal (*Allophylus edulis*), o jerivá e o araticum (*Annona neosalicifolia*), entre outras; no sub-bosque a laranjeira-do-mato, a pitangueira, o cincho, o camboim, a pedra-ume-caá, o camboim-pitanga (*Eugenia uruguayensis*), o guamirim (*Eugenia verticillata*) e os branquilhos (*Gymnanthes* spp.).

Eventualmente o dique marginal apresenta uma barranca arenosa voltada para o rio, mas que nem sempre se caracteriza como floresta estacional. Ali podem ocorrer no dossel o açoita-cavalo, a grápia, o angico e o camboatá-branco; no subdossel o chá-de-bugre e a guabirobeira, entre outras; e no sub-bosque a laranjeira-do-mato, o cincho e muitas mirtáceas, incluindo indivíduos de pitangueira, camboim, camboim-pitanga, pedra-ume-caá e guapití-una, esta uma espécie estenoécia que no Rio Grande do Sul é restrita a solos arenosos e áreas sujeitas a inundações nas bacias dos rios Jacuí e Ibicuí.

As florestas situadas nos terraços (encosta) apresentaram maior riqueza, dossel mais alto (>20 m de altura) e estrutura mais complexa e diversificada. A composição variou naturalmente conforme local e o estágio sucessional da vegetação. Nas florestas mais conservadas foi notória a presença de três estratos: dossel, subdossel e sub-bosque, onde, além das espécies já citadas para o dique marginal, ocorreram no dossel indivíduos de figueira (*Ficus cestriifolia* e *Ficus luschnathiana*), timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus*), coronilha (*Sideroxylon obtusifolium*), aguáís (*Chrysophyllum marginatum* e *Chrysophyllum gonocarpum*), farinha-seca (*Machaerium paraguariense*), capororocão (*Myrsine guianensis*), caroba (*Jacaranda micrantha*), cedro (*Cedrela fissilis*) e canjerana (*Cabralea canjerana*), entre outras. Distribuídos entre o dossel e o sub-bosque foram encontrados o catiguá (*Trichilia clausenii*), a guaçatonga (*Casearia decandra*), a cerejeira (*Eugenia involucrata*), o louro-salgueiro (*Cordia ecalyculata*), o araçazeiro-do-mato (*Myrcianthes gigantea*) e o guabiju (*Myrcianthes pungens*), entre outras. No sub-bosque foram comuns a

laranjeira-do-mato, o cincho, o pau-de-ervilha (*Trichilia elegans*), o cafeeiro-do-mato (*Fareamea montevidensis*), o pau-d'arco (*Guarea macrophylla*) e a viuvinha (*Chomelia obtusa*). Em áreas secundárias ocorreram diversas espécies de canela (e.g., *Nectandra megapotamica* e *Ocotea puberula*), aroeira-braba (*Lithraea brasiliensis*), gaioleira (*Aegiphila integrifolia*), capororoquinha (*Myrsine coriacea*), grandiúva (*Trema micrantha*) e assa-peixe (*Boehmeria caudata*), entre muitas outras.



Figura 39. Floresta estacional sobre dique marginal no rio Jacuí, Rio Pardo. Foto: © Martin Molz

Por causa de sua composição e estrutura e da exploração madeireira iniciada já no século 18, a floresta estacional foi a mais explorada entre as formações analisadas. Durante a instalação dos primeiros povoados portugueses no Estado, desenvolveu-se a construção naval com um número crescente de estaleiros que procuravam madeiras apropriadas (Noelli 2000). A quantidade e a qualidade das madeiras no Delta do Jacuí e “adjacências” ocasionou a sobreexploração das espécies com madeiras valiosas. Já em 1850 o delegado da Capitania do Porto em Porto Alegre, Manuel de Oliveira Paes, encarregado de avaliar as reservas florestais, relata que “o litoral do Jacuí, até Rio Pardo, está todo destruído, e não oferece madeiras de lei” (AHRGS 1850, *apud* Noelli 2000). É natural, portanto, que espécies mais nobres como o ipê-roxo, a caroba, a guajuvira, o louro-pardo, a grábia, o angico-vermelho, a canjerana e o cedro, tenham sido outrora muito mais abundantes na floresta estacional e que, atualmente, sejam mesmo raras ou ausentes em alguns remanescentes.



Figura 40. Floresta estacional de encosta na margem da lagoa do Vasco, Cachoeira do Sul. Foto: © Martin Molz



Figura 41. Floresta estacional de encosta (segundo plano) após a planície (primeiro plano), Cachoeira do Sul. Foto: © Martin Molz

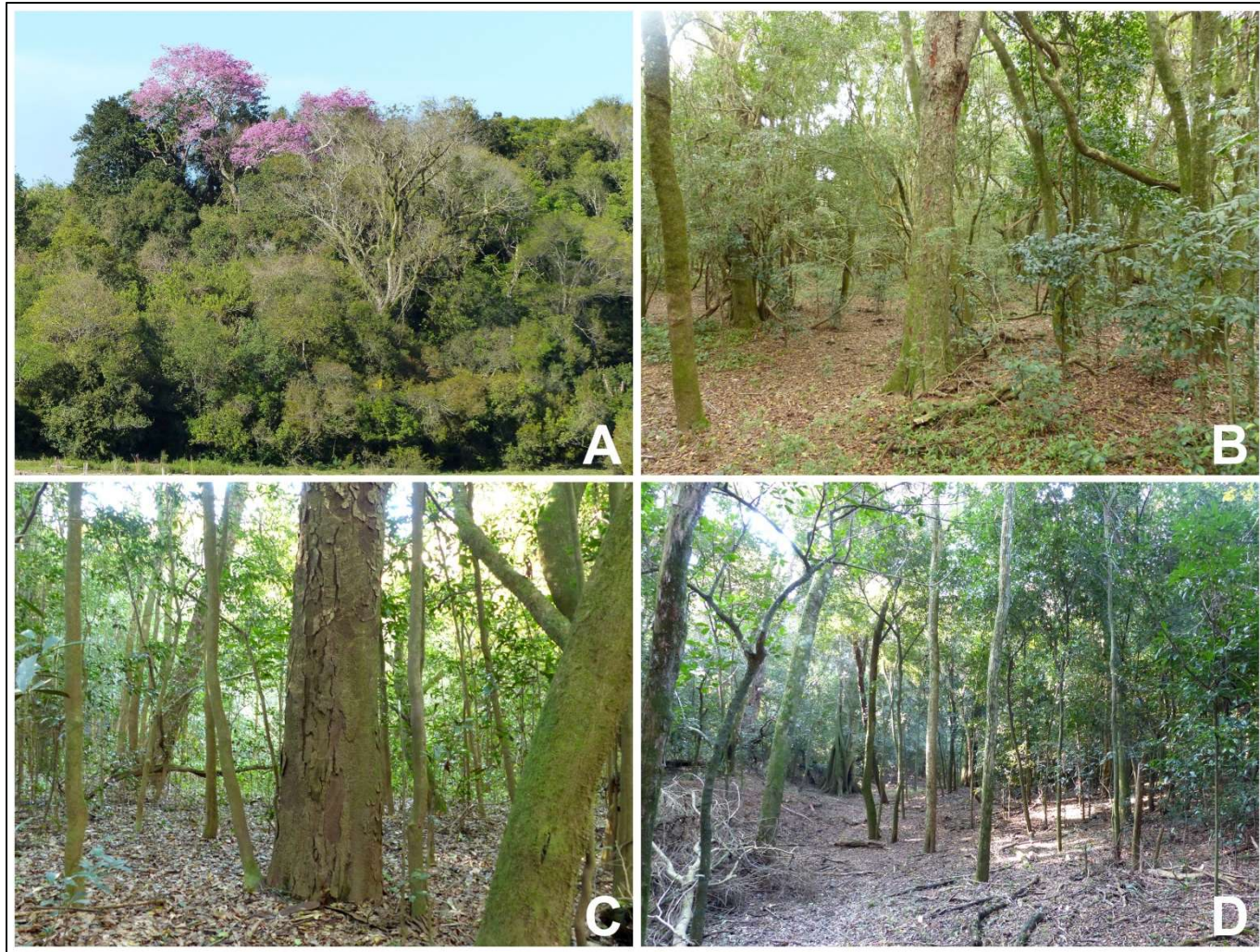


Figura 42. Florestas estacionais: A – Floresta de encosta, General Câmara; B – Floresta bem drenada na planície de inundação sob a influência de pastejo; C – Floresta sujeita a breves períodos de inundação; D – Floresta sobre o dique marginal. Fotos: © Martin Molz

Áreas úmidas

As áreas úmidas incluíram formações florestais e não florestais, como banhados, maricazais e sarandizais, além de mosaicos de vegetação, lagoas, meandros etc.

Banhados

Os banhados são áreas permanente ou temporariamente alagadas com uma vegetação típica formada por macrófitas aquáticas (Figura 43), plantas que se adaptam a solos encharcados, alagados ou com águas rasas. Foram mais frequentes próximo ao Delta do Jacuí, onde os terrenos são mais planos e a largura da planície de inundação é maior.



Figura 43. Área de banhado a oeste do Porto Batista, Triunfo. Foto: © Martin Molz

Maricazal

O maricazal é uma formação pioneira característica de áreas periodicamente inundáveis constituído por maricás (*Mimosa bimucronata*) no estrato superior e predominantemente recoberto por gramíneas no estrato inferior (Figura 44). Foi pouco frequente.

Sarandizal

Tipologia associada a terrenos permanente ou temporariamente alagados, como a beira do rio, lagoas, meandros e terrenos mal drenados com lâmina d'água. Foram constituídos por uma ou mais espécies de sarandis (Figuras 45 e 46), como o sarandi-vermelho (*Phyllanthus sellowianus*), o sarandi-branco (*Cephalanthus glabratus*), o sarandi-miúdo (*Gymnanthes schottiana*), o sarandi-amarelo (*Terminalia australis*) e, em menor abundância, o maricá.



Figura 44. Maricazal próximo à foz do rio Botucaraí, Cachoeira do Sul. Foto: © Martin Molz



Figura 45. Sarandizal na Fazenda Lagoa dos Coqueiros, Rio Pardo. Foto: © Martin Molz



Figura 46. Macrófitas (primeiro plano), sarandizal (segundo plano) e floresta de várzea (terceiro plano) na lagoa Moderna, Cachoeira do Sul. Foto: © Martin Molz

Campos

Os campos na região pertencem ao domínio do Pampa (bioma, *sensu* IBGE 2004), e aqueles ao longo do vale do Rio Jacuí são denominados campos da Depressão Central (Overbeck *et al.* 2015). Esses campos abrangem diferentes tipos de solo e caracterizam-se pela presença de dois estratos, o mais baixo dominado por gramíneas rizomatosas, como o capim-forquilha (*Paspalum notatum*), e o mais alto por touceiras de gramíneas cespitosas, como o capim-rabo-de-burro (*Schizachyrium microstachyum*) e espécies de compostas (Asteraceae). Restam poucos fragmentos na região e raríssimos na faixa estudada (Figura 47).



Figura 47. Contato campo-floresta próximo à várzea do Jacuí, Rio Pardo. Foto: © Martin Molz

Composição e aspectos estruturais

Foram amostrados 2.636 indivíduos pertencentes a 229 espécies de plantas vasculares. Destes, 2.462 pertenceram a espécies arbóreas ou arborescentes nativas no Estado (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos das espécies arbóreas e arborescentes amostradas por zonas no rio Jacuí.

Atributos	Dique	Encosta	Várzea	Total
Riqueza de espécies	105	145	117	170
Anemocóricas	89	121	110	320
Autocóricas	76	61	191	328
Zoocóricas	418	609	787	1.814
Número de indivíduos	583	791	1.088	2.462

A maioria dos registros ocorreu na zona de várzea (44%), que ocupou a maior parte da faixa de 500 m em ambas as margens ao longo da área de estudo. Por outro lado, a riqueza específica foi maior na zona de encosta, onde foram observadas 85% das espécies, provavelmente pelas condições mais estáveis, sem pulsos de inundação, anoxia e outras condições limitantes. Essas variações são resultantes do regime hídrico, que pode ser o principal fator ambiental associado à distribuição de espécies (Oliveira-Filho *et al.* 1994, Pinto *et al.* 2005).

Em processos de recuperação da vegetação, o conhecimento relativo a grupos ecológicos é atributo ecológico determinante na escolha das espécies (Quadro 1). A maioria das espécies foi secundária inicial (60%), seguindo-se em proporções semelhantes pioneiras (21%) e secundárias tardias (19%). Quanto mais sujeito a inundações o terreno, tanto maior foi a densidade de indivíduos de espécies pioneiras. Assim, proporcionalmente a maior densidade de indivíduos de pioneiras ocorreu na várzea, seguida pelo dique e pela encosta. O contrário sobreveio com as espécies secundárias tardias, que tiveram maior densidade relativa na encosta, seguida pelo dique e então pela várzea. Essa informação é especialmente relevante para ações de recuperação de áreas degradadas na várzea, onde o ambiente heterogêneo e dinâmico possui muitos fatores limitantes ao estabelecimento de espécies de estágios sucessionais mais avançados.

Um segundo atributo ecológico fundamental em processos de recuperação da vegetação são as estratégias de dispersão. Nas três zonas, cerca de $\frac{3}{4}$ das espécies são dispersas por animais, evidenciando a importância das interações animal-planta em comunidades ciliares. As interações entre organismos influenciam sua abundância, distribuição, fenótipos e composição genotípica (Strauss & Irwin 2004), produzindo consequências ecológicas e evolutivas que influenciam em processos de recuperação da vegetação.

Segundo os dados qualitativos, todas as espécies anemocóricas amostradas ocorreram na zona de encosta, onde se situam as florestas de porte mais elevado. Florestas estacionais em estágio avançado têm caracteristicamente muitas árvores altas e emergentes, e para várias dessas espécies de grande porte a anemocoria é a estratégia ecológica de dispersão de diásporos. As poucas espécies anemocóricas de menor porte na área de estudo são todas pioneiras ou de áreas abertas, o que também permite a dispersão de seus diásporos. Já a maior concentração de espécies autocóricas ocorreu no dique marginal e na várzea.

O número de indivíduos de espécies anemocóricas foi proporcionalmente superior no dique e na encosta (50% maior do que na várzea), que são as duas zonas ocupadas por floresta estacional. As autocóricas tiveram uma densidade superior na planície de inundação, incluindo a várzea e o dique marginal. A maioria das espécies autocóricas foi representada por arvoretas ou árvores medianas, que compreenderam principalmente plantas de sub-bosque ou associadas a áreas alagadas e mal drenadas. Parte dessas espécies de menor porte se serve de mecanismos de dispersão explosiva; outras utilizam a barocoria, incluindo leguminosas de porte elevado como o angico-branco (*Albizia edwallii*), a timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), os rabos-de-bugio (*Lonchocarpus nitidus* e *Muellera campestris*) e a corticeira-da-serra (*Erythrina falcata*). Quanto à densidade de zoocóricas, as zonas analisadas não apresentaram diferença significativa entre si quanto ao total de indivíduos em cada zona.

Um terceiro atributo levado em consideração foi a drenagem do terreno, decisiva na distribuição das espécies ao longo da área de influência do rio. Seis espécies (≈3%) foram características de áreas alagadas: quatro sarandis (*Cephalanthus glabratus*, *Gymnanthes schottiana*, *Phyllanthus sellowianus* e *Terminalia australis*) e também a laranjeira-do-banhado (*Citronella gongonha*) e a corticeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli*). Estas espécies, juntamente com o maricá (*Mimosa bimucronata*), que também ocorreu em áreas alagadas, mas não só, compõem comunidades onde usualmente foram dominantes de modo individual ou conjunto. Apenas oito espécies (≈5%) são adaptadas a terrenos mal drenados; 32 (19%) são indiferentes, ocorrendo tanto em terrenos bem drenados quanto mal drenados; e 124 (73%) ocorreram preferencialmente em terrenos bem drenados, mas foram eventualmente encontradas em áreas menos bem drenadas. Em diversas ocasiões foi o que se registrou na várzea, onde terrenos um pouco mais elevados abrigaram espécies características de áreas bem drenadas.

As famílias ricas no levantamento foram Myrtaceae e Fabaceae (Figura 48), respectivamente a primeira e a segunda em riqueza de espécies arbóreas no Estado (Reitz *et al.* 1983, Sobral *et al.* 2013), seguidas por outras quatro famílias. Myrtaceae foi registrada com maior expressividade em estudos situados na porção leste do Estado (e.g., Jarenkow 1994, Jurinitz & Jarenkow 2003, Molz 2004), região mais chuvosa e úmida, enquanto que Fabaceae apareceu como mais diversa naqueles realizados nas porções central e oeste (e.g., Vasconcellos *et al.* 1992, Jarenkow & Waechter 2001), regiões menos chuvosas. Isso se reflete nas estratégias ecológicas das espécies que ocorreram ao longo do Jacuí. Muitas das espécies amostradas de Myrtaceae foram secundárias tardias e outras tantas secundárias iniciais, mas todas zoocóricas quanto à dispersão. Em Fabaceae, ao contrário, as espécies foram em sua maioria secundárias iniciais e pioneiras quanto ao grupo ecológico, e em sua maioria com dispersão autocórica ou anemocórica. Myrtaceae e Fabaceae também se destacaram em número de indivíduos em todas as zonas da faixa amostrada.

Quadro 1. Espécies, famílias e respectivos nomes populares, grupos ecológicos, síndromes de dispersão, distribuição no terreno (classes de drenagem) e de acordo com as zonas ciliares. Acrônimos – *Grupos ecológicos*: PI – pioneira; SI – secundária inicial; ST – secundária tardia. *Síndromes de dispersão*: ANE – anemocórica; AUT – autocórica; ZOO – zoocórica. *Terreno*: AL – alagado; BD – bem drenado; MD – mal drenado; IN – indiferente. *Zonas da faixa ciliar e suas classes de frequência*: 0 – ausente; 1 – pouco frequente; 2 – frequente; 3 – muito frequente.

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
Anacardiaceae	<i>Lithraea brasiliensis</i>	bugre, aroeira-braba	PI	ZOO	BD	1	2	2
	<i>Schinus longifolia</i>	assobiadeira	PI	ZOO	BD	1	1	1
	<i>Schinus molle</i>	aroeira-salso	PI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Schinus terebinthifolia</i>	aroeira-vermelha	PI	ZOO	BD	1	1	2
Annonaceae	<i>Annona neosalicifolia</i>	araticum	SI	ZOO	BD	2	2	2
	<i>Annona rugulosa</i>	araticum	SI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Annona sylvatica</i>	araticum-do-mato	SI	ZOO	BD	0	1	1
Araliaceae	<i>Schefflera calva</i>	caixeta	SI	ZOO	BD	0	1	0
Arecaceae	<i>Butia odorata</i>	butiazeiro	PI	ZOO	BD	1	1	0
	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	jerivá, coqueiro	SI	ZOO	IN	2	3	3
Asteraceae	<i>Dasyphyllum tomentosum</i>	sucará	SI	ANE	BD	0	1	0
	<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	cambará	PI	ANE	BD	0	2	1
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisyphilitica</i>	ipê-verde	SI	ANE	BD	0	1	0
	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	ipê-roxo, ipê-rosa	SI	ANE	BD	1	2	2
	<i>Handroanthus umbellatus</i>	ipê-da-várzea	SI	ANE	MD	0	1	0
	<i>Jacaranda micrantha</i>	caroba	SI	ANE	BD	0	2	0
Boraginaceae	<i>Cordia americana</i>	guajuvira	SI	ANE	BD	3	3	3
	<i>Cordia ecalyculata</i>	louro-salgueiro	ST	ZOO	BD	2	2	1
	<i>Cordia trichotoma</i>	louro-pardo	SI	ANE	BD	0	1	0
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	crindiúva, grandiúva	PI	ZOO	BD	0	2	0
Cardiopteridaceae	<i>Citronella gongonha</i>	laranjeira-do-banhado	PI	ZOO	AL	0	1	0
	<i>Citronella paniculata</i>	congonha	ST	ZOO	BD	0	1	0

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
Celastraceae	<i>Monteverdia cassineformis</i>	coração-de-negro	SI	ZOO	BD	0	0	1
	<i>Monteverdia dasyclada</i>	coração-de-bugre	SI	ZOO	IN	1	0	2
	<i>Monteverdia ilicifolia</i>	espinheira-santa	SI	ZOO	BD	1	2	2
Clusiaceae	<i>Garcinia gardneriana</i>	bacopari	ST	ZOO	BD	1	0	0
Combretaceae	<i>Terminalia australis</i>	sarandi, amarelo	PI	AUT	AL	1	1	3
Ebenaceae	<i>Diospyros inconstans</i>	maria-preta	ST	ZOO	BD	1	2	1
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum argentinum</i>	cocão	SI	ZOO	BD	1	0	1
	<i>Erythroxylum deciduum</i>	cocão	SI	ZOO	BD	1	1	1
Euphorbiaceae	<i>Actinostemon concolor</i>	laranjeira-do-mato	ST	AUT	IN	3	3	3
	<i>Alchornea triplinervia</i>	tanheiro, tapiá	SI	ZOO	IN	1	0	0
	<i>Gymnanthes klotzschiana</i>	branquilha	SI	AUT	MD	3	1	3
	<i>Gymnanthes schottiana</i>	sarandi-miúdo	PI	AUT	AL	2	0	3
	<i>Gymnanthes serrata</i>	branquilha	SI	AUT	BD	0	3	2
	<i>Pachystroma longifolium</i>	mata-olho	ST	AUT	BD	1	0	2
	<i>Sapium glandulosum</i>	leiteiro, pau-de-leite	PI	ZOO	BD	0	1	1
	<i>Sapium haematospermum</i>	toropi	PI	ZOO	IN	0	0	1
	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	leiteirinho, mata-berne	SI	AUT	IN	2	2	3
	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	canemoçu, embirão	SI	ZOO	BD	0	1	0
Fabaceae	<i>Albizia edwallii</i>	angico-branco	SI	AUT	BD	1	0	1
	<i>Apuleia leiocarpa</i>	grápia, grapiapunha	SI	ANE	BD	3	3	3
	<i>Bauhinia forficata</i>	pata-de-vaca	PI	AUT	BD	1	0	1
	<i>Calliandra tweediei</i>	topete-de-cardeal	SI	AUT	IN	1	2	3
	<i>Dahlstedtia pinnata</i>	guaraná, guaraná-timbó	SI	AUT	BD	1	0	1
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	timbaúva	SI	AUT	BD	1	3	1
	<i>Erythrina crista-galli</i>	corticeira-do-banhado	PI	AUT	AL	1	1	1

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
	<i>Erythrina falcata</i>	corticeira-da-serra	ST	AUT	BD	0	1	1
	<i>Inga marginata</i>	ingazeiro, ingá-feijão	SI	ZOO	BD	0	0	2
	<i>Inga vera</i>	ingá-de-beira-de-rio	PI	ZOO	MD	3	1	3
	<i>Lonchocarpus nitidus</i>	rabo-de-bugio	SI	AUT	BD	1	1	1
	<i>Machaerium paraguariense</i>	farinha-seca	SI	ANE	BD	1	2	2
	<i>Machaerium stipitatum</i>	farinha-seca	SI	ANE	BD	0	1	1
	<i>Mimosa bimucronata</i>	maricá	PI	AUT	MD	2	2	3
	<i>Muellera campestris</i>	rabo-de-bugio, pau-canizil	SI	AUT	BD	1	1	0
	<i>Myrocarpus frondosus</i>	cabreúva	SI	ANE	BD	0	1	0
	<i>Parapiptadenia rigida</i>	angico, angico-vermelho	SI	ANE	BD	3	3	2
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i>	gaioleira, tamanqueira	PI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Vitex megapotamica</i>	tarumã	SI	ZOO	IN	1	1	2
Lauraceae	<i>Aiouea amoena</i>	canela	SI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Aiouea saligna</i>	canela-anhoíba, canela	ST	ZOO	BD	1	1	0
	<i>Endlicheria paniculata</i>	canela-sebo, canela	ST	ZOO	BD	1	1	0
	<i>Nectandra angustifolia</i>	canela	SI	ZOO	IN	3	1	3
	<i>Nectandra grandiflora</i>	canela-amarela	SI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Nectandra lanceolata</i>	canela-amarela, canela	SI	ZOO	BD	0	1	1
	<i>Nectandra megapotamica</i>	canela-merda	SI	ZOO	BD	2	2	2
	<i>Nectandra oppositifolia</i>	canela-ferrugem	SI	ZOO	BD	1	1	0
	<i>Ocotea puberula</i>	canela-guaicá	SI	ZOO	BD	2	3	1
	<i>Ocotea pulchella</i>	canela-lageana	SI	ZOO	IN	2	2	3
	<i>Ocotea silvestris</i>	canela	ST	ZOO	BD	0	1	0
Loganiaceae	<i>Strychnos brasiliensis</i>	esporão-de-galo	SI	ZOO	BD	1	1	1
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i>	açoita-cavalo	SI	ANE	IN	3	3	3

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
Melastomataceae	<i>Miconia hyemalis</i>	pixirica	PI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Miconia pusilliflora</i>	pixirica	SI	ZOO	BD	0	1	0
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i>	canjerana	ST	ZOO	BD	1	2	1
	<i>Cedrela fissilis</i>	cedro	SI	ANE	BD	1	1	0
	<i>Guarea macrophylla</i>	pau-d'arco	SI	ZOO	IN	2	2	3
	<i>Trichilia clausenii</i>	catiguá, catiguá-vermelho	ST	ZOO	BD	0	2	1
	<i>Trichilia elegans</i>	pau-de-ervilha	ST	ZOO	BD	1	2	2
Monimiaceae	<i>Mollinedia schottiana</i>	pimenteira, capixim	ST	ZOO	BD	0	1	0
Moraceae	<i>Ficus cestrifolia</i>	figueira-de-folha-miúda	SI	ZOO	BD	2	3	2
	<i>Ficus luschnathiana</i>	figueira-mata-pau	SI	ZOO	BD	1	2	1
	<i>Sorocea bonplandii</i>	cincho	ST	ZOO	BD	3	3	3
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	murta	SI	ZOO	IN	1	1	2
	<i>Campomanesia rhombea</i>	guabirobinha	SI	ZOO	IN	2	2	3
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	guabirobeira	SI	ZOO	IN	2	2	3
	<i>Eugenia bacopari</i>	pau-ferro	ST	ZOO	BD	1	0	0
	<i>Eugenia florida</i>	guamirim	SI	ZOO	BD	0	0	2
	<i>Eugenia hiemalis</i>	guamirim-burro	PI	ZOO	IN	2	2	2
	<i>Eugenia involucrata</i>	cerejeira-do-mato	ST	ZOO	BD	2	2	3
	<i>Eugenia mansoi</i>	guapití-una	SI	ZOO	IN	2	2	3
	<i>Eugenia multiflora</i>	guamirim-burro	PI	ZOO	IN	0	2	2
	<i>Eugenia pyriformis</i>	uvaia	ST	ZOO	BD	2	3	2
	<i>Eugenia ramboi</i>	batinga-branca	ST	ZOO	BD	3	3	3
	<i>Eugenia repanda</i>	ñangapiré-negro	SI	ZOO	MD	1	0	0
	<i>Eugenia rostrifolia</i>	batinga-vermelha	ST	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Eugenia speciosa</i>	ibaijuba	SI	ZOO	IN	1	1	1

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
	<i>Eugenia uniflora</i>	pitanga, pitangueira	SI	ZOO	BD	3	3	3
	<i>Eugenia uruguayensis</i>	camboim-pitanga	ST	ZOO	BD	2	2	3
	<i>Eugenia verticillata</i>	guamirim	ST	ZOO	BD	2	3	2
	<i>Myrceugenia glaucescens</i>	conserva-branca	SI	ZOO	IN	0	0	1
	<i>Myrceugenia myrtoides</i>	guamirim-cinzento	PI	ZOO	BD	0	1	1
	<i>Myrcia cruciflora</i>	guamirim	SI	ZOO	BD	1	1	1
	<i>Myrcia glabra</i>	uvá	ST	ZOO	BD	2	3	1
	<i>Myrcia multiflora</i>	camboim, pedra-ume-caá	SI	ZOO	BD	3	3	3
	<i>Myrcia palustris</i>	pitangueira-do-mato	SI	ZOO	IN	1	2	2
	<i>Myrcianthes gigantea</i>	araçazeiro-do-mato	ST	ZOO	BD	1	2	1
	<i>Myrcianthes pungens</i>	guabiju, guabijuzeiro	ST	ZOO	BD	0	2	1
	<i>Myrciaria cuspidata</i>	camboim	ST	ZOO	BD	1	1	1
	<i>Myrciaria tenella</i>	camboim	SI	ZOO	IN	3	3	3
	<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	murtinho, carrapato	SI	ZOO	BD	0	1	2
	<i>Plinia peruviana</i>	jaboticabeira	ST	ZOO	IN	1	0	0
	<i>Psidium cattleianum</i>	araçazeiro, araçá	SI	ZOO	IN	1	1	2
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i>	maria-mole, maria-preta	ST	ZOO	IN	1	1	0
	<i>Pisonia ambigua</i>	maria-mole	SI	ZOO	BD	0	1	0
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	sarandi-vermelho	PI	AUT	AL	1	0	2
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca dioica</i>	umbu, umbuzeiro	SI	ZOO	BD	1	1	0
Picramniaceae	<i>Picramnia parvifolia</i>	quássia, cedrinho	SI	ZOO	BD	0	0	1
Piperaceae	<i>Piper aduncum</i>	pariparoba	SI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Piper amalago</i>	pariparoba	SI	ZOO	BD	0	1	0
Polygonaceae	<i>Coccoloba cordata</i>	pau-de-junta	SI	ZOO	IN	1	1	2
	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	marmeleiro-do-mato	SI	ANE	IN	2	2	2

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i>	capororoquinha	PI	ZOO	BD	1	1	1
	<i>Myrsine guianensis</i>	capororocão	SI	ZOO	BD	0	2	1
	<i>Myrsine laetevirens</i>	capororoca	SI	ZOO	BD	2	2	2
	<i>Myrsine lorentziana</i>	capororoca	SI	ZOO	MD	1	1	3
	<i>Myrsine umbellata</i>	capororocão	SI	ZOO	BD	1	0	0
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>	carvalho-brasileiro	SI	ANE	BD	0	2	0
Quillajaceae	<i>Quillaja brasiliensis</i>	sabão-de-soldado	PI	ANE	BD	0	1	0
Rhamnaceae	<i>Scutia buxifolia</i>	coronilha	SI	ZOO	BD	2	1	1
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i>	pessegueiro-bravo	SI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Prunus subcoriacea</i>	pessegueiro-bravo	SI	ZOO	BD	0	1	1
Rubiaceae	<i>Cephalanthus glabratus</i>	sarandi-branco	PI	AUT	AL	0	0	3
	<i>Chomelia obtusa</i>	viuvinha	SI	ZOO	BD	1	2	2
	<i>Faramea montevidensis</i>	cafeeiro-do-mato	ST	ZOO	BD	2	3	2
	<i>Guettarda uruguensis</i>	veludo	PI	ZOO	BD	2	1	2
	<i>Randia ferox</i>	limoeiro-do-mato	SI	ZOO	BD	1	1	2
Rutaceae	<i>Esenbeckia grandiflora</i>	pau-de-cutia, cutia	SI	AUT	BD	0	1	0
	<i>Helietta apiculata</i>	canela-de-veado	SI	ANE	BD	0	2	1
	<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	jaborandi	SI	AUT	BD	0	1	0
	<i>Zanthoxylum astrigerum</i>	mamica-de-cadela	SI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Zanthoxylum fagara</i>	coentrilho	SI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	mamica-de-cadela	PI	ZOO	BD	1	2	1
Salicaceae	<i>Banara parviflora</i>	farinha-seca	SI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Banara tomentosa</i>	cambroé	SI	ZOO	BD	0	1	1
	<i>Casearia decandra</i>	guaçatonga, cambroé	SI	ZOO	BD	2	2	1
	<i>Casearia sylvestris</i>	chá-de-bugre, varre-forno	SI	ZOO	IN	3	3	3

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
	<i>Salix humboldtiana</i>	salgueiro, salseiro, salso	PI	ANE	MD	1	1	3
	<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	sucará	SI	ZOO	BD	0	1	1
	<i>Xylosma tweediana</i>	sucará	SI	ZOO	BD	1	2	2
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i>	chal-chal	SI	ZOO	IN	2	2	3
	<i>Allophylus guaraniticus</i>	vacum, chal-chal	SI	ZOO	BD	0	0	1
	<i>Cupania vernalis</i>	camboatá-vermelho	SI	ZOO	BD	2	2	3
	<i>Matayba elaeagnoides</i>	camboatá-branco	SI	ZOO	IN	3	3	3
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	aguaí	ST	ZOO	BD	1	2	1
	<i>Chrysophyllum marginatum</i>	aguaí-vermelho	SI	ZOO	BD	2	2	2
	<i>Pouteria gardneriana</i>	aguaí, sarandi	ST	ZOO	IN	2	2	3
	<i>Pouteria salicifolia</i>	mata-olho	PI	ZOO	MD	1	0	2
	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	coronilha	SI	ZOO	BD	0	2	1
Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i>	espora-de-galo	PI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Brunfelsia australis</i>	manacá, primavera	ST	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Solanum mauritianum</i>	fumo-bravo	PI	ZOO	BD	0	1	0
	<i>Solanum pseudoquina</i>	coerana, guaxxim	SI	ZOO	BD	1	1	1
	<i>Vassobia breviflora</i>	esporão-de-galo	PI	ZOO	BD	0	1	0
Styracaceae	<i>Styrax leprosus</i>	carne-de-vaca, canelinha	SI	ZOO	BD	1	1	1
Symplocaceae	<i>Symplocos tetrandra</i>	sete-sangrias	ST	ZOO	BD	0	2	0
	<i>Symplocos uniflora</i>	pau-de-canga	PI	ZOO	BD	1	2	3
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis racemosa</i>	embira	PI	ZOO	IN	2	2	3
Urticaceae	<i>Boehmeria caudata</i>	assa-peixe, urtiga-mansa	PI	ZOO	BD	0	0	1
Verbenaceae	<i>Citharexylum montevidense</i>	tarumã-de-espinho	SI	ZOO	BD	0	2	0

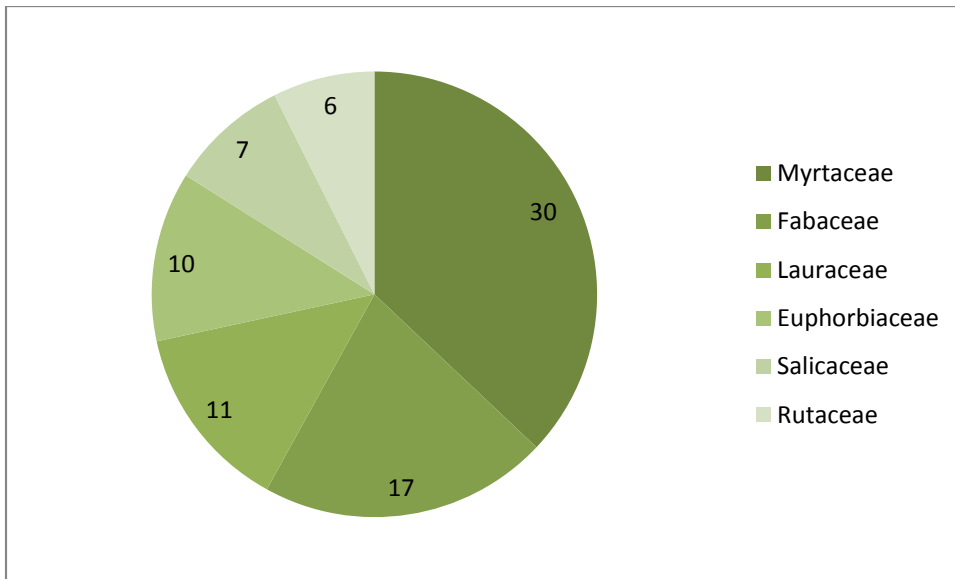


Figura 48. Famílias com maior riqueza de espécies arbóreas no levantamento da vegetação ao longo do Jacuí.

Representada por espécies secundárias iniciais e tardias, todas com dispersão zoocórica, a terceira família em riqueza foi Lauraceae, mas a maioria das espécies registradas não se destacou em frequência e densidade. Euphorbiaceae apresentou elevada densidade nas três zonas, com maior destaque para a várzea, onde também foram importantes Salicaceae e Sapotaceae. Além das famílias já citadas, foram importantes em densidade Malvaceae e Sapindaceae no dique marginal e na várzea, e Lauraceae e Moraceae no dique marginal e na encosta.

Com relação às espécies, destacam-se aquelas que foram mais importantes em cada zona. No dique marginal foram relevantes pela frequência e/ou densidade o açoita-cavalo, a laranjeira-do-mato, o cincho, a grápia, o chá-de-bugre, o ingá-de-beira-de-rio e a pitangueira. Na encosta a grápia, a laranjeira-do-mato, o chá-de-bugre, a guajuvira, o cincho, o açoita-cavalo, a batinga-branca e o uvá (*Myrcia glabra*). E na várzea o ingá-de-beira-de-rio, o branquilha (*Gymnanthes klotzschiana*), o camboim, o açoita-cavalo, o aguáí, a embira, a pitangueira, a laranjeira-do-mato e o camboim-pitanga.

Espécies de interesse especial para recuperação da vegetação ciliar

Diferentes grupos de espécies foram mais ou menos frequentes e abundantes nas três zonas da faixa ciliar do Jacuí, das quais algumas foram consideradas espécies-chave para ações de recuperação da vegetação (Tabela 3). Além de frequentes e abundantes, as 63 espécies-chave listadas podem apresentar vantagens como baixa exigência quanto ao tipo de solo e à drenagem do terreno, elevada taxa de germinação, atratividade para a fauna, capacidade de enriquecer o solo etc. São apresentadas para cada uma dessas espécies informações sobre sucessão, dispersão, exigências quanto à drenagem do terreno e as abundâncias relativas em cada zona. Mas, mesmo de posse desses conhecimentos, é indispensável considerar o histórico de degradação em cada trecho e a ser recuperado, o que pode ser determinante no sucesso ou fracasso de um empreendimento de recuperação da vegetação.

O primeiro grupo de espécies-chave reúne as largamente generalistas que ocorreram em todos os terrenos e zonas, excetuando-se as áreas permanentemente alagadas. Essas espécies foram denominadas supergeneralistas (“supertramps”), ou seja, plantas que adotam uma estratégia de ampla dispersão em muitos habitat diferentes, em nenhum dos quais são particularmente especializadas.

No baixo Jacuí podem ser consideradas supergeneralistas a laranjeira-do-mato, a grápia, o chá-de-bugre, a pitangueira, o açoita-cavalo, o camboim, o cincho e o jerivá. Mesmo tendo sido abundantes nas três zonas, várias não ocorreram em terrenos permanentemente mal drenados. Foram ainda consideradas parte deste grupo o leiteirinho (*Sebastiania brasiliensis*), a canela-lajeana (*Ocotea pulchella*), a guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*), a cerejeira (*Eugenia involucrata*), a batinga-branca, o guamirim, a pedra-ume-caá, o chal-chal, o camboatá-vermelho e o camboatá-branco.

Tabela 3. Espécies recomendadas para recuperação da vegetação no baixo rio Jacuí. Acrônimos – *Grupos ecológicos (GE)*: PI – pioneira; SI – secundária inicial; ST – secundária tardia. *Síndromes de dispersão (SD)*: ANE – anemocórica; AUT – autocórica; ZOO – zoocórica. *Zonas da faixa ciliar e abundância relativa de cada espécie por zona* (escala de cores do mais abundante, verde, ao menos abundante, branco; as abundâncias são relativas ao total de indivíduos por zona, não ao total de indivíduos por espécie): D – dique marginal; E – encosta; V – várzea. *Terreno*: AL – alagado; BD – bem drenado; MD – mal drenado; IN – indiferente ao tipo de terreno; “+” – presença.

Família	Espécie	GE	SD	Zonas			Terreno			
				D	E	V	AL	MD	BD	IN
Anacardiaceae	<i>Lithraea brasiliensis</i>	PI	ZOO	0,34	1,14	0,55			+	
Annonaceae	<i>Annona neosalicifolia</i>	SI	ZOO	1,89	1,52	0,64			+	
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	SI	ZOO	1,72	1,9	2,48				+
Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	SI	ANE	0,34	1,14	0,55			+	
Boraginaceae	<i>Cordia americana</i>	SI	ANE	1,89	2,28	0,92			+	
Celastraceae	<i>Monteverdia dasyclada</i>	SI	ZOO	0,51	0	1,01				+
Combretaceae	<i>Terminalia australis</i>	PI	AUT	0,69	0,13	1,1	+			
Euphorbiaceae	<i>Actinostemon concolor</i>	ST	AUT	3,43	1,9	2,02				+
	<i>Gymnanthes klotzschiana</i>	SI	AUT	2,06	0,25	4,96		+		
	<i>Gymnanthes schottiana</i>	PI	AUT	1,2	0	1,84	+			
	<i>Gymnanthes serrata</i>	SI	AUT	0	1,26	0,46			+	
	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	SI	AUT	1,03	1,01	1,1				+
Fabaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i>	SI	ANE	3,09	2,78	1,56			+	
	<i>Calliandra tweediei</i>	SI	AUT	0,86	0,76	1,38				+
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	SI	AUT	0,51	1,52	0,28			+	
	<i>Inga vera</i>	PI	ZOO	2,92	0,25	5,7		+		
	<i>Mimosa bimucronata</i>	PI	AUT	1,37	0,63	2,57	+	+		
	<i>Parapiptadenia rigida</i>	SI	ANE	2,23	1,77	0,92			+	
Lauraceae	<i>Nectandra angustifolia</i>	SI	ZOO	2,06	0,13	1,19				+
	<i>Ocotea puberula</i>	SI	ZOO	1,2	1,64	0,37			+	
	<i>Ocotea pulchella</i>	SI	ZOO	1,2	1,14	1,01				+
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i>	SI	ANE	4,63	1,64	3,22				+
Meliaceae	<i>Guarea macrophylla</i>	SI	ZOO	1,03	0,51	1,01				+
	<i>Trichilia clausenii</i>	ST	ZOO	0	1,01	0,09			+	

Família	Espécie	GE	SD	Zonas			Terreno			
				D	E	V	AL	MD	BD	IN
	<i>Trichilia elegans</i>	ST	ZOO	0,34	1,26	0,37			+	
Moraceae	<i>Ficus cestrifolia</i>	SI	ZOO	1,2	1,26	0,46			+	
	<i>Ficus luschnathiana</i>	SI	ZOO	0,86	1,14	0,09			+	
	<i>Sorocea bonplandii</i>	ST	ZOO	2,92	2,28	1,29			+	
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	SI	ZOO	0,34	0,13	1,19				+
	<i>Campomanesia rhombea</i>	SI	ZOO	1,03	0,76	1,01				+
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	SI	ZOO	2,06	1,14	1,29				+
	<i>Eugenia hiemalis</i>	PI	ZOO	1,2	0,88	0,37			+	
	<i>Eugenia involucrata</i>	ST	ZOO	1,37	1,64	1,29			+	
	<i>Eugenia mansoi</i>	SI	ZOO	1,37	0,99	1,56				+
	<i>Eugenia pyriformis</i>	ST	ZOO	1,54	1,9	0,55			+	
	<i>Eugenia ramboi</i>	ST	ZOO	1,89	2,15	1,01			+	
	<i>Eugenia uniflora</i>	SI	ZOO	3,26	1,9	3,03			+	
	<i>Eugenia uruguayensis</i>	ST	ZOO	2,23	0,88	2,48			+	
	<i>Eugenia verticillata</i>	ST	ZOO	1,54	1,39	1,1			+	
	<i>Myrcia glabra</i>	ST	ZOO	1,03	2,02	0,28			+	
	<i>Myrcia multiflora</i>	SI	ZOO	1,72	1,64	1,19			+	
	<i>Myrcia palustris</i>	SI	ZOO	0,17	1,01	0,92				+
	<i>Myrciaria tenella</i>	SI	ZOO	2,06	2,02	3,68				+
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	PI	AUT	0,34	0	0,37	+			
Polygonaceae	<i>Coccoloba cordata</i>	SI	ZOO	0,17	0,38	1,1				+
	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	SI	ANE	1,89	0,76	1,1				+
Primulaceae	<i>Myrsine lorentziana</i>	SI	ZOO	0,34	0,38	1,29		+		
Rhamnaceae	<i>Scutia buxifolia</i>	SI	ZOO	1,03	0,13	0,37			+	
Rubiaceae	<i>Cephalanthus glabratus</i>	PI	AUT	0	0	1,29	+			
	<i>Chomelia obtusa</i>	SI	ZOO	0,51	1,39	0,46			+	
	<i>Faramea montevidensis</i>	ST	ZOO	0,69	1,14	0,55			+	
	<i>Guettarda uruguensis</i>	PI	ZOO	1,37	0,63	1,19				+
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	PI	ZOO	0,51	1,14	0,18			+	
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i>	SI	ZOO	0,86	0,88	0,46			+	
	<i>Casearia sylvestris</i>	SI	ZOO	3,26	2,4	3,03				+
	<i>Salix humboldtiana</i>	PI	ANE	0,34	0,13	1,1		+		
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i>	SI	ZOO	1,89	1,39	1,38				+
	<i>Cupania vernalis</i>	SI	ZOO	1,89	1,64	2,02			+	
	<i>Matayba elaeagnoides</i>	SI	ZOO	2,06	1,39	1,65				+
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i>	SI	ZOO	1,03	1,26	1,01			+	
	<i>Pouteria gardneriana</i>	ST	ZOO	2,06	0,63	3,13				+
	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	SI	ZOO	0	1,01	0,28			+	
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis racemosa</i>	PI	ZOO	1,2	0,88	2,3				+
TOTAL	—	—	—	100	100	100	—	—	—	—

Com relação às zonas, no dique marginal as espécies mais abundantes e frequentes foram o açoita-cavalo no dossel e a laranjeira-do-mato no sub-bosque. Destacaram-se entre as de maior porte na encosta a grápia e a guajuvira, e entre as de menor porte o chá-de-bugre e o cincho. Por fim, na várzea foram geralmente dominantes (> 60% dos indivíduos) o ingá-de-beira-de-rio (dossel) e o branquilha (sub-bosque), de forma conjunta ou separada, tendo sido também frequentes e abundantes no dossel o açoita-cavalo e o aguáí (*Pouteria gardneriana*) e no sub-bosque o camboim.

Com relação ao terreno, a maioria das espécies-chave ocorreu em terrenos preferencialmente bem drenados, um número igualmente representativo foi indiferente ao tipo de terreno (excetuando-se os terrenos alagados), e algumas poucas ocorreram preferencialmente ou exclusivamente em terrenos mal drenados e alagados (Figura 49). As indiferentes apresentam a clara vantagem da versatilidade, mas espécies com requisitos específicos quanto a características do terreno podem ter desempenho superior naqueles aos quais estão bem adaptadas. Poucas espécies se mostraram adaptadas às condições de anoxia e estresse hídrico presentes em terrenos mal drenados ou permanentemente alagados. E, como esses terrenos foram frequentes na região, essas espécies são fundamentais para a recuperação de áreas com essas características.

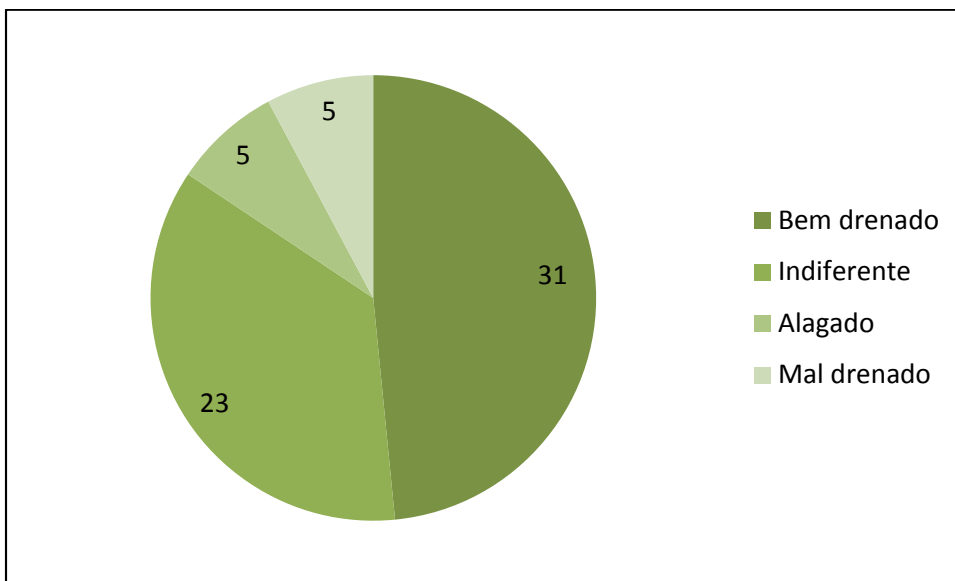


Figura 49. Distribuição das espécies-chave de acordo com a drenagem no terreno.

Em locais com limitações ambientais ao processo de sucessão natural de espécies, sobretudo quando há solos muito degradados e empobrecidos, a recuperação de ecossistemas pode ser potencializada pelo plantio de espécies facilitadoras. Espécies de leguminosas (Fabaceae) apresentam uma vantagem adicional por estabelecerem simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (N_2). O uso de leguminosas arbóreas mostrou-se eficaz na ativação dos mecanismos de sucessão natural em um reflorestamento onde, após sete anos, 50 espécies de 25 famílias botânicas já colonizavam o sub-bosque da área estudada (Chada *et al.* 2004). Em um estudo sobre o uso de leguminosas fixadoras de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia no Rio de Janeiro, Ferreira *et al.* (2007) introduziram mais

de 40 espécies de leguminosas e de não leguminosas e constataram que o índice de mortalidade entre não leguminosas foi >10%, enquanto que o de leguminosas ficou em ≈2%. Ainda segundo estes autores, dois anos após a execução do projeto, observou-se a presença de regeneração natural, bem como o reaparecimento de animais silvestres há muito não avistados na área. Além de vantajosas na recuperação dos solos, facilitadoras no processo de sucessão natural e resistentes, as leguminosas podem representar uma economia em adubo, mão de obra e mudas em projetos de recuperação da vegetação.

As seis espécies-chave de leguminosas listadas na Tabela 3 são todas pioneiras ou secundárias iniciais quanto ao processo sucessional, compreendem árvores de grande porte e arvoretas, e incluem também espécies adaptadas a todos os tipos de terreno presentes na área de estudo. Além dessas leguminosas arbóreas, sugere-se que o cambaí-vermelho (*Sesbania punicea*) e o cambaí-amarelo (*Sesbania virgata*) podem ser empregados com sucesso na recuperação de áreas degradadas, pois, além de produzirem muitos frutos e sementes, são leguminosas arbustivas bastante rústicas que podem auxiliar numa rápida cobertura e na fertilização dos solos pela fixação de N₂.

Recentemente espécies de sarandis e salgueiros têm sido estudadas na bioengenharia de solos – área da ciência que abrange técnicas de construção utilizando plantas na estabilização de encostas de terrenos e margens de cursos d'água – e consideradas potencialmente aptas para a recuperação da vegetação ciliar. Dentre as espécies investigadas no Rio Grande do Sul, o sarandi-vermelho (*Phyllanthus sellowianus*, referido como sarandi-branco na publicação) apresentou os melhores resultados para diversas características avaliadas, sendo apontado como a espécie de melhor desempenho biotécnico e, portanto, a mais indicada para a estabilização e recuperação de cursos d'água na região central do Estado (Sutili *et al.* 2004, Machado *et al.* 2017), região adjacente ao Trecho 3 do presente estudo. Consequentemente, recomenda-se a utilização de *Phyllanthus sellowianus* e também de outros de sarandis e do salgueiro como espécies-chave para a recuperação ambiental da vegetação ciliar no rio Jacuí.

Cabe ainda ressaltar a presença e a importância de algumas espécies não arbóreas que se destacaram no ecossistema de várzea, zona dominante na área de estudo. É o caso do taquaruçu-de-espinho (*Guadua trinii*), muito frequente e abundante em áreas mal drenadas ou alagadas durante longos períodos, e do capim-santa-fé (*Panicum prionites*), que ocorreu sempre próximo a massas d'água. Essas espécies podem também ser utilizadas com sucesso em projetos de recuperação da vegetação, mas é preciso antes transpor a barreira da produção e obtenção de sementes e mudas.

Conceitos e métodos para a recuperação

Diversos fatores econômicos e sociais devem ser considerados na escolha de quais estratégias serão adotadas na recuperação de uma determinada área. No entanto, é a capacidade de resiliência que determina a tomada de decisão para as ações de recuperação (Brancaion *et al.* 2015). Resiliência é a resposta de um ecossistema frente a perturbações ou distúrbios, superando danos de modo a se recuperar rapidamente para manter sua estrutura e funcionamento. Conceitos de resiliência levam em conta a predisposição de um ecossistema para retornar a um equilíbrio ou estabilidade pós-distúrbios (Holling 1973) e a capacidade de

um sistema de absorver perturbações e reorganizar-se enquanto sofre mudanças, de modo a reter essencialmente a mesma função, estrutura, identidade e retroalimentação (Walker *et al.* 2004). Os distúrbios e perturbações podem se originar de fenômenos naturais ou de atividades humanas.

São exemplos de atividades humanas que afetam ecossistemas ciliares: desmatamento, degradação dos solos, aplicação de adubos químicos e agrotóxicos, e introdução de espécies exóticas de plantas e/ou animais. Essas atividades podem causar redução na biodiversidade, sobrexploração dos recursos naturais, poluição e alterações em padrões e processos ecológicos, afetando adversamente a resiliência dos ecossistemas. Impactos gerados por distúrbios dependem fundamentalmente de três dimensões intrínsecas: (1) a localização e extensão do distúrbio (espaço); época, previsibilidade e frequência do distúrbio (tempo); e severidade do distúrbio (magnitude). Basicamente, a resposta de um ecossistema a esses três fatores determina sua resiliência.

É importante considerar ainda as diferenças entre resistência e resiliência em um ecossistema, as quais podem mostrar características mutuamente excludentes. Se um ecossistema possui elevada resistência a distúrbios, sua resiliência será baixa, e vice-versa. Teoricamente um ecossistema não poderia apresentar ambas as características.

A resiliência dos solos se relaciona a processos regenerativos que incluem as propriedades físicas do solo (ciclos de umedecimento e secamento, permeabilidade ao ar, densidade, porosidade) e as atividades biológicas acima e abaixo do mesmo. Solos submetidos a níveis de compactação que afetem a densidade e a porosidade podem não recuperar a condição inicial anterior ao distúrbio que levou à demasiada densificação. Já a resiliência da vegetação se relaciona com sua capacidade de se recuperar rapidamente frente a distúrbios, sobretudo frente a desmatamentos. As respostas da vegetação dependem de diversos fatores, como extensão, tempo de duração e severidade do distúrbio, incluindo níveis de degradação do solo, pastejo e fogo, presença de áreas-fonte para dispersão de propágulos, composição de áreas próximas de floresta, entre outros.

A capacidade de resiliência de um ecossistema afeta a dinâmica da vegetação, a física dos solos e os processos regenerativos em formações naturais. Tanto em solos degradados ou não degradados, mas com resiliência, é possível explorar e beneficiar a regeneração natural. Sempre que possível, a regeneração natural de espécies nativas deve ser adotada como forma de aumentar a efetividade e reduzir os custos da recuperação de uma área. Esse potencial também deve ser estimulado ao máximo por se tratar da manutenção de indivíduos já estabelecidos, com bom sistema radicular, e que logo terão maiores chances de contribuir para a formação de um dossel florestal inicial. Não obstante, trata-se de uma amostra da florística e genética regional, que deve ser mantida pelas ações de recuperação (Brancalion *et al.* 2015).

As primeiras intervenções de favorecimento dos indivíduos regenerantes referem-se às ações que podem favorecer a expansão da sucessão secundária em áreas degradadas, tais como a instalação de cercas para exclusão de gado, a prevenção de incêndios e o controle de espécies que podem causar problemas, como espécies exóticas invasoras ou formigas cortadeiras (Brancalion *et al.* 2015). Uma das práticas mais simples para a recuperação de uma área é seu

simples isolamento, evitando a continuação do processo de degradação, muito funcional nos casos onde a resiliência da área foi mantida (Rodrigues & Gandolfi 2009).

A necessidade de recuperação do solo, antes da implantação de ações de recuperação, é comumente constatada pela presença de subsolo exposto e/ou de intenso processo erosivo, normalmente resultado do mau uso do solo por atividades agrícolas e pastoris ou de mineração. Essa recuperação é necessária porque as camadas superficiais do solo possuem maior disponibilidade de nutrientes e de matéria orgânica, além de características físicas que facilitam a infiltração e o armazenamento de água. Ao perder essa camada, resta o subsolo, o qual não apresenta condições propícias ao desenvolvimento vegetal (Brançalion *et al.* 2015). Os principais métodos para recuperação do solo são a subsolagem e a implantação de vegetação de cobertura com espécies de adubação verde.

A subsolagem é recomendada no caso de solos que necessitam de descompactação, em áreas com declividade apropriada e sem afloramento rochoso ou solo raso, possibilitando o estabelecimento e desenvolvimento adequado das mudas. A implantação de vegetação de cobertura com espécies de adubação verde é realizada principalmente através do plantio de leguminosas fixadoras de N₂, que possuem raízes fortemente pivotantes, descompactadoras e intensamente associadas com fungos (Brançalion *et al.* 2015), contribuindo para a recuperação física, química e biológica do solo. Mesmo que realizada com espécies exóticas, a vegetação de cobertura é fundamental para proteger o solo contra a erosão e promover a incorporação de matéria orgânica ao solo por meio da decomposição da biomassa produzida por essas espécies (vide também “Espécies de interesse especial para recuperação da vegetação ciliar”).

Complementares à regeneração natural, podem ser adotadas algumas outras medidas. Uma delas é o adensamento, que consiste no plantio de espécies pioneiras e secundárias iniciais já existentes no local e cuja densidade esteja abaixo do esperado, resultando em espaços não ocupados pela regeneração natural. Pode ser feito com o plantio de mudas ou sementes e é recomendado em locais que alternam boa presença de regeneração natural com locais com solo exposto ou baixa densidade de vegetação arbustivo-arbórea. Essa medida evita a expansão de espécies exóticas invasoras e favorece o desenvolvimento de espécies secundárias tardias por meio do sombreamento (Brançalion *et al.* 2015, NBL 2013).

Outra medida é o enriquecimento, que compreende o plantio de espécies adicionais e pode também ser feito através de mudas ou sementes. O plantio de enriquecimento é indicado quando a cobertura de espécies nativas é densa e bem distribuída na área, porém quase exclusivamente por algumas poucas espécies iniciais da sucessão florestal. Essa situação ocorre em paisagens muito degradadas, quando o enriquecimento natural de espécies mais finais de sucessão é limitado, mesmo em médio prazo, pois as fontes regionais para a dispersão de propágulos dessas espécies são muito escassas. No enriquecimento são recomendadas principalmente espécies arbóreas e arbustivas importantes para a fauna.

A nucleação é outra técnica de recuperação ecológica que favorece a regeneração natural. Baseia-se no estabelecimento ou favorecimento do surgimento de pequenos núcleos de vegetação nativa em uma área degradada, os quais servem de base para a expansão natural e preenchimento da área degradada em certo tempo. Nesses pequenos habitat são favorecidas as interações interespecíficas, envolvendo interações planta-planta, planta-microrganismo,

planta-animal, níveis de predação, associações, e os processos reprodutivos de polinização e dispersão de sementes (Kageyama *et al.* 2003, Reis & Kageyama 2003).

Quando se avalia que a condução da regeneração natural não é indicada, alguns métodos de plantio total (regeneração artificial) podem ser adotados (Kageyama & Gandara 2009), entre eles o plantio ao acaso, o modelo sucessional e o plantio por sementes.

Plantio ao acaso

Nesse método não existe um arranjo pré-determinado para as diferentes espécies e seus grupos ecológicos no plantio, tendo como pressuposto que os propágulos das diferentes espécies caem, germinam e crescem ao acaso na natureza. Um fator complicador desse modelo de plantio é a possibilidade de demora no crescimento das plantas, considerando que não são priorizadas espécies pioneiras e secundárias iniciais, retardando a implantação da floresta, encarecendo a operação, além de provocar uma menor sobrevivência de espécies que exigem sombreamento inicial (Martins 2007, Kageyama & Gandara 2009).

Modelo sucessional

O uso da sucessão ecológica na implantação de florestas é a tentativa de dar à regeneração artificial um modelo semelhante às condições que ocorrem naturalmente em florestas. Este modelo separa as espécies em grupos ecológicos, fazendo com que as espécies dos estágios iniciais da sucessão (heliófilas) deem sombreamento adequado às espécies dos estágios finais da sucessão. A forma com que essas condições são dadas no plantio pode mudar, em função da maneira como as plantas são arranjadas no campo, se em módulos ou em linhas de plantio. No caso do plantio em módulos, existe uma planta base central, dos grupos finais da sucessão, rodeada por quatro ou mais plantas sombreadoras (grupos iniciais). No plantio em linhas, pode haver alternância das linhas, sendo uma de pioneiras e secundárias iniciais e outra de secundárias tardias ou com alternância desses grupos na mesma linha (Kageyama & Gandara 2009, Martins 2007).

Plantio por sementes

Uma alternativa ao plantio de espécies pioneiras e não pioneiras é a semeadura direta, no qual as sementes das espécies são espalhadas diretamente no campo. Botelho *et al.* (2015) afirmam que a semeadura direta é um método bastante promissor, porém é indispensável que se identifique os fatores que interferem na germinação e no estabelecimento das plântulas em campo, tais como a competição com plantas invasoras, características e qualidade do solo, herbivoria e predação de sementes e plântulas. Segundo Costa e Piña-Rodrigues (1996), a semeadura direta requer baixos investimentos iniciais, é de fácil implantação e constitui-se em um método acessível, principalmente para os pequenos produtores.

O plantio de sementes pode se dar também a partir da semeadura aérea, recomendável principalmente para áreas de difícil acesso, onde é operacionalmente inviável a utilização de outros métodos, e da adoção da hidrossemeadura, no qual as sementes são lançadas na área a ser recuperada através de jateamento, em mistura de água, sementes, fertilizantes e outros produtos como agentes cimentantes, com a função de aderir a semente à superfície na qual foi aplicada (Almeida 2016).

A recuperação de ecossistemas não deve ter a pretensão de refazer uma floresta idêntica à que existia antes, mas, sim, introduzir no campo uma composição que forneça condições para que essa nova comunidade tenha maior probabilidade de ser sustentável e funcional. Assim, busca-se a recuperação de parte da biodiversidade local e a facilitação dos processos biológicos relacionados à manutenção do ecossistema florestal, por meio da regeneração, condução e manejo de espécies nativas (Pereira *et al.* 2015).

Escolha do método de recuperação adequado

O planejamento das estratégias e ações para a recuperação da vegetação deve ser efetuado a partir da identificação das diferentes condições ambientais existentes na área designada para a recuperação ambiental. A Figura 50 apresenta um fluxograma de recuperação ambiental de florestas ciliares desde o diagnóstico das condições ambientais locais ou regionais. Partindo do estado de conservação dos solos, são mostradas resumidamente as principais etapas para a recuperação da vegetação através de regeneração natural ou artificial. A seleção do método mais adequado para cada situação deve estar fundamentada no diagnóstico detalhado da área, conforme as etapas evidenciadas abaixo.

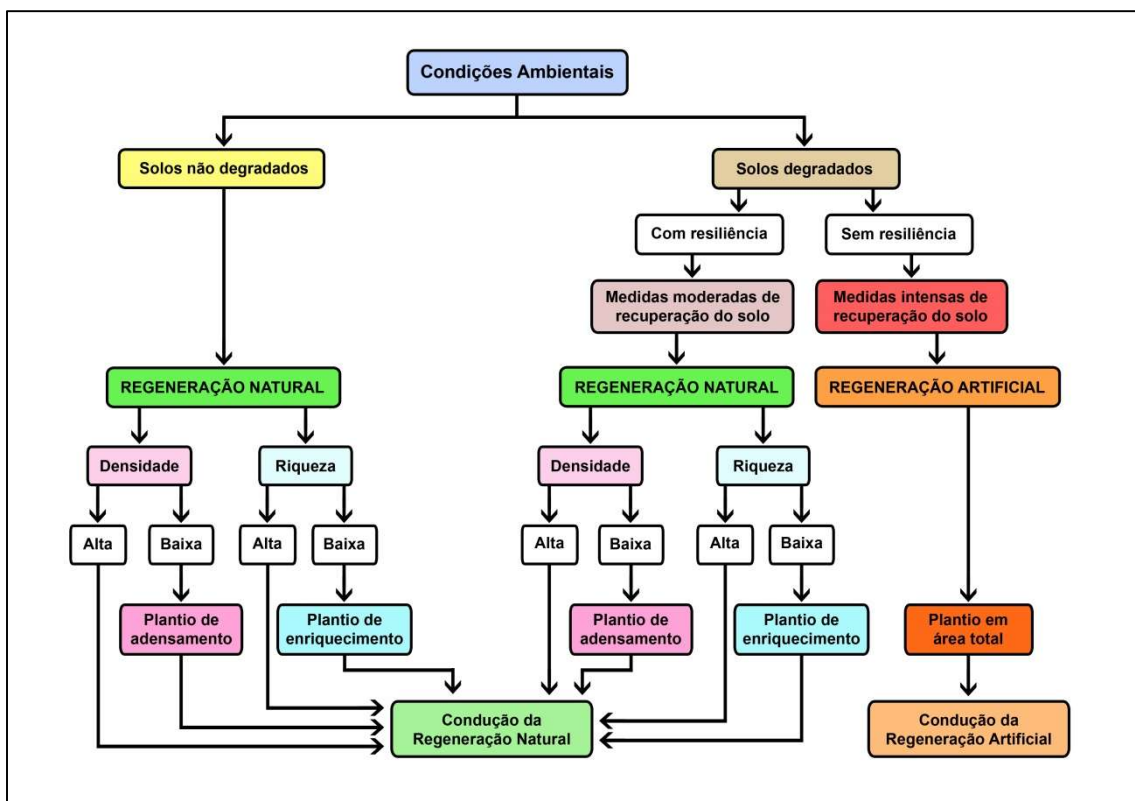


Figura 50. Etapas decisivas para o planejamento de recuperação da vegetação. Adaptado de Botelho *et al.* (2015).

Procedimentos operacionais para a recuperação

A mesma ação ou operação de recuperação pode ser realizada de diferentes formas, cada uma delas com vantagens e limitações próprias que se refletem em rendimentos operacionais e custos diferenciados. A falta de conhecimento sobre ações ou procedimentos operacionais necessários à efetivação de métodos de recuperação florestal leva, invariavelmente, ao

fracasso. São comuns os casos de projetos de recuperação bem concebidos teoricamente, mas que não conseguem restabelecer uma cobertura florestal inicial na área degradada em razão do uso inadequado de procedimentos operacionais para a efetivação do método (Brancalion *et al.* 2015). A seguir são apresentados, detalhadamente, os procedimentos operacionais a serem seguidos nos modelos de recuperação para planejamento logístico.

Escolha apropriada das espécies

A preocupação com a seleção de espécies a serem utilizadas em determinado sítio em recuperação florestal tem sido alvo de muitos estudos. No entanto, há consenso sobre o uso de espécies regionais adaptadas aos diferentes tipos de solos, condições climáticas, polinizadores e dispersores de propágulos. Além disso, espécies regionais apresentam maior tolerância a predadores e seu uso aumenta a probabilidade de sucesso reprodutivo e de regeneração natural em projetos de recuperação florestal (Kageyama & Gandara 2009).

Martins (2007) recomenda adotar alguns critérios básicos na seleção de espécies para recuperação de florestas ciliares, como: 1) plantar espécies nativas com ocorrência em florestas ciliares da mesma bacia hidrográfica ou região; 2) plantar o maior número possível de espécies para gerar alta diversidade; 3) plantar mudas de sementes obtidas em várias matrizes de diferentes remanescente ciliares, para garantir diversidade genética; 4) utilizar combinações de espécies de diferentes estágios sucessionais; 5) plantar espécies atrativas para a fauna e respeitar a tolerância das espécies à umidade do solo.

São numerosos os casos de projetos de recuperação de florestas ciliares mal sucedidos pela utilização de poucas espécies e que, após ataques sucessivos de pragas, cederam espaço para espécies invasoras. Portanto, vale ressaltar novamente que se utilize um grande número de espécies para gerar diversidade florística, imitando, assim, a estrutura e a composição de uma floresta ciliar (Martins 2007). O Quadro 1 (vide “Composição e aspectos estruturais”) abrange todas as espécies amostradas ao longo do baixo rio Jacuí, com dados ecológicos e de distribuição nas diferentes zonas, as quais são passíveis de ser utilizadas em projetos de recuperação na região estudada. Já a Tabela 3 (vide “Espécies de interesse especial para recuperação da vegetação ciliar”) evidencia 63 espécies-chave para a recuperação da vegetação ciliar no baixo rio Jacuí, assim consideradas por várias características biológicas vantajosas. A recomendação dessas espécies não exclui a possibilidade de utilização das demais, visto que a escolha também inclui fatores como a disponibilidade de mudas.

As espécies exóticas devem ser evitadas na recuperação de florestas ciliares. Há inúmeros casos em que espécies exóticas introduzidas em diferentes ecossistemas brasileiros se tornaram invasoras, competindo agressivamente com as nativas (Martins 2007).

Cercamento da área

É uma etapa determinante para o sucesso da recuperação da vegetação e, independentemente da existência de pecuária na área ou região, deve ser realizada a fim de proteger a vegetação durante o processo de recuperação de intervenções indesejadas.

Controle de pragas

As principais pragas florestais são as formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* (saúvas) e *Acromyrmex* (quenquéns). As formigas cortadeiras podem provocar danos consideráveis nas

mudas e até altas taxas de mortalidade, inviabilizando o projeto de recuperação florestal. Assim, o combate às formigas deve ser realizado na área a ser recuperada e numa faixa de 100 m adjacente a esta (Martins 2007).

O método mais utilizado é o controle químico através de iscas granuladas de Sulfluramida ou Fipronil, sendo utilizadas 10 g de isca formicida para cada olheiro, distantes até 40 cm da entrada do mesmo (BTR 2015). O controle deve ser feito no pré-plantio (30 dias antes do plantio), no plantio (cinco a sete dias antes do plantio, com repasse logo após a implantação das mudas) e pós-plantio (periodicamente até o segundo ano após o plantio das mudas). Nos primeiros dois meses, esse controle deve ser realizado a cada 15 dias e, após esse período, a cada dois meses (TNC 2016).

Muitas vezes critica-se o controle de formigas na recuperação florestal, pois se argumenta que esses insetos são importantes dispersores secundários e contribuem para a dinâmica natural da vegetação. Contudo, Brancalion *et al.* (2015) ressaltam que saúvas e quenquéns são basicamente herbívoras e pouco contribuem com a dispersão efetiva de sementes de espécies nativas no início do processo de recuperação. Além disso, o objetivo não é eliminar completamente as formigas, apenas minimizar as perdas causadas pela herbivoria nas fases iniciais de recuperação, tanto que, dois anos após esse controle inicial, com a área já recoberta com vegetação nativa, não é feito mais nenhum controle adicional, o que permite a recolonização da área por esses insetos.

Limpeza da área

Deve ser realizada de preferência 15 dias antes do plantio para diminuir a densidade e a altura das espécies competidoras. Pode ser realizada de forma manual (com foice), semimecanizada (com roçadeira costal) ou mecanizada. Em todos esses casos deve-se ter especial cuidado para não danificar a regeneração natural (NBL & TNC 2013).

De um modo geral, as margens de rios e corpos d'água são áreas de difícil mecanização, com topografia irregular e solos excessivamente úmidos e sujeitos a erosões acentuadas quando em posição inclinada. A limpeza da área, nestes casos, deve se restringir a roçadas que não revolvam o solo, mas que eliminem parte da vegetação competidora (Barbosa 2009).

De acordo com Rodrigues e Gandolfi (2009), a condição mais comum é a presença de remanescentes de floresta ciliar em condições variadas de degradação, com ocupação de espécies agressivas (gramíneas exóticas, trepadeiras ou bambus), que competem vigorosamente com a regeneração das espécies dos estratos superiores, dificultando o avanço sucessional nessas áreas. As espécies de bambus e lianas, na maioria das vezes, são nativas que, favorecidas pela degradação, apresentam algumas populações muito densas e dominantes; as gramíneas são geralmente espécies exóticas, oriundas de áreas agrícolas no entorno. Dessa forma, as espécies nativas requerem medidas de controle para evitar o crescimento excessivo de seus indivíduos e populações, e as espécies exóticas, na medida do possível, devem ser erradicadas da área. Especial cuidado deve ser dado às lianas, pois constituem elementos importantes da diversidade, da estrutura e do funcionamento de ecossistemas florestais. Barbosa (2009) salienta que a presença de vegetação competidora na época de implantação do reflorestamento e crescimento inicial das espécies arbóreas é um fator que pode retardar o estabelecimento da floresta, pois as plantas invasoras atuam

competindo por luz, água e nutrientes, ou ainda liberando compostos alelopáticos capazes de interferir no crescimento das árvores.

Abertura de covas

A abertura manual pode ser feita com enxadão ou cavadeira, as covas devem ter dimensões mínimas de 40 cm × 40 cm × 40 cm (NBL & NTC 2013).

A abertura mecanizada pode ser feita por broca perfuratriz ou motocoveador. O principal cuidado com essa técnica refere-se ao possível espelhamento, que constitui na formação de uma camada compactada nas paredes da cova, o que compromete o desenvolvimento radicular da muda e estimula o enovelamento de suas raízes. Para diminuir o espelhamento, recomenda-se a escarificação nas paredes da cova com o uso de uma cavadeira (TNC 2016).

Para plantio de mudas em tubetes, a abertura pode ser feita por um “chucho”, que consiste em um tubete preso a um cabo de madeira que é inserido e retirado do solo para produzir um buraco com as dimensões próximas ao torrão das mudas.

Adubação de base

De acordo com Martins (2007), em determinados modelos de recuperação de floresta ciliar, não se utilizam fertilizantes químicos e calcários, buscando-se um comportamento das mudas semelhante às condições de regeneração natural. Entretanto, o empobrecimento do solo pelas atividades agrícolas e a necessidade de crescimento rápido das mudas, para escapar da competição com plantas invasoras, torna necessária, em muitas situações, a utilização de calagem e adubação química ou orgânica.

A recomendação de adubação deve sempre ser feita com base em uma análise química do solo para subsidiar a definição do tipo, formulação e quantidade de adubo a ser utilizado (Brancalion *et al.* 2015). Geralmente é recomendado o uso de 200 g/cova de fertilizante NPK na formulação 06:30:06 ou equivalente, misturado a todo o volume de terra retirado da cova para evitar o contato direto do adubo e a queima das raízes da muda (TNC 2016). Em áreas não muito extensas pode-se efetuar adubação orgânica que, na maioria dos casos, é suficiente para o bom desenvolvimento das mudas. Neste caso, recomenda-se aplicar seis litros de esterco de curral ou três litros de esterco de galinha para cada cova (20% ou 10% do volume da cova, respectivamente) (Barbosa 2009).

No caso de solos muito ácidos recomenda-se a aplicação de calcário dolomítico (calagem) diretamente no fundo ou ao redor da cova de plantio das mudas. O objetivo principal da calagem não é elevar o pH, mas sim de aumentar a disponibilidade de cálcio e magnésio para as mudas. Dessa forma, a dosagem de calcário a ser aplicada pode ser determinada em função dos teores destes nutrientes, obtida a partir da análise química do solo (NBL & TNC 2013).

Plantio

O plantio pode ser manual, mais utilizado para mudas produzidas em sacos plásticos, ou com plantadora manual, para mudas em tubetes. No caso do plantio manual, deve-se cortar o saco plástico, preservando o torrão ao redor da raiz, colocar a muda no centro da cova e preencher com o solo que foi retirado na abertura (Barbosa 2009).

A plantadora manual é constituída por um tubo de inox com ponta cônica, o qual se abre quando acionado por um gatilho. Essa metodologia de plantio proporciona uma melhor ergonomia de trabalho e um maior rendimento operacional, já que não é necessário se agachar para efetuar o plantio, aumentando o rendimento da atividade (Brancaion *et al.* 2015).

Tanto no plantio manual quanto no executado com plantadora, o torrão de terra que envolve muda não pode ficar exposto na superfície do solo, devendo ser posicionado cerca de 5 cm abaixo da superfície, ficando o colo da planta rente à superfície ou um pouco abaixo do solo, para evitar o seu apodrecimento. A serapilheira removida no coroamento deve ser repostada ao redor da muda. Essas são medidas que ajudam a manter a umidade na região do entorno da raiz, reduzindo a mortalidade de mudas (NBL & TNC 2013). Deve-se realizar, também, uma leve compactação com o pé ao redor da muda recém-plantada para remover eventuais bolsas de ar presentes entre o solo e o torrão, o que prejudica a estabilização da muda no solo e a absorção de água e nutrientes (Brancaion *et al.* 2015).

Coroamento

Consiste na limpeza ao redor das covas num raio de cerca de 60 cm. Em plantios mais adensados o raio pode ser de 50 cm, enquanto que nos mais ralos pode chegar a 80 cm (Barbosa 2009). Deve ser realizado com enxada ao redor da muda ou indivíduo regenerante e a uma profundidade de cerca de 5 cm no solo a fim de dificultar e diminuir a rebrota, evitando assim a competição por água, luz e nutrientes (NBL & TNC 2013).

Irrigação

A melhor época para o plantio de mudas na região do baixo Jacuí e no Rio Grande do Sul é entre maio e agosto, quando geralmente os índices pluviométricos são mais elevados e as temperaturas mais amenas, dessa forma evitando o dessecamento e murchamento das mudas.

Imediatamente após o plantio e nos dias que o sucedem, as mudas devem ser irrigadas, pois ainda não enraizaram no solo para suprir suas demandas hídricas. Utilizam-se cerca de cinco litros de água por planta, sendo normalmente previstas três irrigações até que haja o estabelecimento das mudas. Deve ser feita irrigação complementar sempre que se detectar o murchamento das mudas de espécies mais sensíveis. Os intervalos de irrigação subsequentes irão depender da quantidade e distribuição das chuvas, da intensidade de evapotranspiração no período, da capacidade de retenção de água no solo e das espécies utilizadas (Brancaion *et al.* 2015).

Pode-se utilizar um regador em áreas pequenas ou um tanque-pipa acoplado a um trator com mangueiras para a irrigação em áreas maiores. Onde houver acesso à fonte de água próxima da área de enriquecimento, pode também ser utilizada uma motobomba (NBL & TNC 2013).

Replântio

O replântio consiste na reposição das mudas que morreram, devendo ser realizado sempre que a mortalidade for superior a 5% do total de cada espécie plantada. Deve ser efetuado 60 dias após o plantio (NBL & TNC 2013).

Porém, antes de substituir uma planta por outra, é preciso estar atento a dois fatores importantes: 1) saber a possível causa da morte, para que a muda repostada não morra também, e 2) ter certeza que a muda a ser substituída de fato morreu, pois muitas vezes as mudas perdem as folhas em virtude da seca ou do ataque de formigas e rebrotam depois de certo tempo. Para saber se uma muda sem folhas está morta ou não, costuma-se arranhar a superfície do caule até que se remova a casca e se exponha uma camada interna. Se a área raspada estiver verde, isso indica que a planta ainda está viva (Brancaion *et al.* 2015).

De forma geral, consideram-se aceitáveis taxas de replantio em torno de 10%, sendo que valores muito acima desse limite indicam eventuais problemas em uma ou mais etapas do plantio. O replantio deve continuar durante todo o período de manutenção do projeto, efetuando-se novamente a adubação de base e sendo realizado sempre que necessário (Brancaion *et al.* 2015).

Adubação de cobertura

A aplicação dos fertilizantes deve ser parcelada no tempo, possibilitando o fornecimento dos nutrientes à medida que as plantas se desenvolvem, o que aumenta o aproveitamento desses elementos. Caso toda a demanda de nitrogênio e potássio fosse incorporada na adubação de base, poderia haver problemas de lixiviação desses nutrientes antes que as mudas pudessem absorvê-los (Brancaion *et al.* 2015).

O número de adubações será definido conforme a necessidade de cada projeto, de acordo com o solo do local e das espécies utilizadas, devendo a primeira adubação de cobertura ser realizada 30 dias após o plantio e as próximas no período de um a dois meses. Recomenda-se, por exemplo, no caso de adubação química, 50 g/planta da fórmula NPK 20:05:20 ou equivalente (NBL & TNC 2013), ou NPK 20:05:20 + 4% S + 0,5% B, na dosagem de 150 g/planta (BTR 2015). No caso de adubação orgânica, pode-se utilizar esterco de curral ou de granja (este em menor proporção), como indicado na adubação de plantio (TNC 2016).

A distribuição do adubo deve ser feita em semicírculo ou semicorona, na projeção da copa e na posição mais elevada da cova, no caso de terrenos inclinados, nunca concentrando o adubo no colo da muda (BTR 2015).

A adubação de cobertura é fundamental para suprir as necessidades nutricionais das árvores, para acelerar a formação de um ambiente florestal e evitar a redução do crescimento potencial dos indivíduos plantados em virtude da deficiência nutricional. Para não favorecer o crescimento de plantas competidoras, sua aplicação deverá ser sempre realizada após capina, roçada e coroamento (Brancaion *et al.* 2015).

Manutenção

O sucesso de um projeto de recuperação de floresta ciliar depende essencialmente da aplicação correta das técnicas de implantação bem como da manutenção do reflorestamento. É comum encontrar projetos de recuperação de áreas degradadas em que foram utilizadas todas as técnicas corretamente, mas que foram condenados ao fracasso pelo descuido após alguns meses da sua implantação (Martins 2007). A manutenção das áreas de recuperação deve ser realizada até 30 meses após o plantio ou até o total recobrimento do solo pela sombra da copa das árvores (NBL & TNC 2013).

Após alguns anos da implantação, a cobertura vegetal arbórea fornece um nível de sombreamento do solo que praticamente inibe a infestação por gramíneas invasoras e o sistema radicular das plantas também se torna profundo o suficiente para garantir a sobrevivência das plantas, mesmo nos períodos de estiagem prolongada (Martins 2007).

Avaliação e monitoramento das áreas

A avaliação contínua das práticas adotadas na recuperação de áreas degradadas e o avanço no conhecimento científico em restauração florestal possibilitam que os erros e acertos das metodologias sejam identificados e se definam ações corretivas no contexto do manejo adaptativo para restabelecer o caminho planejado (Brançalion *et al.* 2015).

Pela necessidade constante de avaliação das ações aplicadas, o monitoramento constitui uma das etapas essenciais em qualquer projeto de recuperação. Apesar dessa importância, pouca atenção tem sido dada à avaliação e ao monitoramento de áreas em processo de recuperação da vegetação. Isso ocorre muitas vezes porque o processo é iniciado só para o cumprimento de exigências legais ou para atender alguma demanda de mercado, sem que haja um efetivo comprometimento com a recuperação da vegetação nessas áreas (Brançalion *et al.* 2015).

É preciso primeiramente definir os objetivos do projeto de recuperação, que devem levar em consideração as características intrínsecas da área degradada (Rodrigues & Gandolfi 1996) e o estágio a ser alcançado pela comunidade em desenvolvimento para que os resultados sejam considerados satisfatórios (Rodrigues & Gandolfi 2009). Só então devem ser estabelecidas medidas de avaliação e monitoramento que indiquem quanto resta para atingir as metas estabelecidas.

A avaliação é uma medida de sucesso do projeto, necessitando de indicadores ou variáveis previamente selecionados para comparação ao longo do monitoramento. Isso permite uma efetiva comparação entre projetos e maior segurança na recomendação de ações a serem realizadas (Almeida & Sanchez 2005, Rodrigues & Gandolfi 2009). Na definição dos indicadores é importante conhecer as características que refletem o adequado funcionamento do ecossistema (Reis *et al.* 2015).

De forma geral, há dois tipos de indicadores que podem ser utilizados em projetos de recuperação. Os indicadores qualitativos são aqueles obtidos de forma não mensurável, com base na observação e julgamento do observador em relação a aspectos como a conservação dos solos e serviços ecossistêmicos. Os quantitativos são aqueles que podem ser mensurados a partir de descritores, como a riqueza média de espécies arbustivas e arbóreas, diversidade, presença de espécies exóticas, presença de espécies ameaçadas de extinção e altura média das mudas plantadas (Brançalion *et al.* 2015). A literatura disponível sobre recuperação de áreas degradadas ou restauração florestal apresenta muitos indicadores para diferentes casos (e.g., Rodrigues & Gandolfi 1998, Sorreano 2002, Damasceno & Gandara 2005, Freire 2006, Lomov *et al.* 2006). Entretanto, dada as diferentes situações e particularidades dos ambientes, a escolha dos indicadores deve ser feita caso a caso (Rodrigues & Gandolfi 2009).

O monitoramento consiste na coleta de dados sobre os indicadores para verificar se os objetivos e metas em cada etapa da restauração estão sendo atingidos. Com base nos dados

de monitoramento é que se realiza a avaliação final do projeto (Brancaion *et al.* 2015). Não existe uma fórmula específica ou um padrão único a ser seguido no monitoramento, devendo ser observadas as características de cada área e os objetivos traçados. Entretanto, ações mínimas devem ser realizadas para que se garanta o sucesso das ações de recuperação. Gandolfi (2006), por exemplo, recomenda que o monitoramento de reflorestamentos ciliares seja realizado por quatro anos, em intervalos semestrais, para que seja avaliada a recuperação estrutural e funcional da comunidade.

É essencial que no início do monitoramento seja definido como será realizada a mensuração de cada indicador, incluindo o método de amostragem, coleta e análise de dados, e o cronograma das atividades. As iniciativas de avaliação e monitoramento não devem levar em conta apenas aspectos ecológicos, mas uma visão abrangente do processo de recuperação ambiental (Brancaion *et al.* 2015).

Considerações finais

A água é um recurso natural essencial à manutenção da vida de todos os organismos. Da mesma forma, é fundamental ao próprio desenvolvimento da civilização humana, pois é o único recurso que permeia múltiplos aspectos que vão desde o desenvolvimento de inúmeras atividades econômicas, passando por valores culturais até valores religiosos da humanidade. A água é essencial ao desenvolvimento das plantas e, por conseguinte, para a produção de alimentos na agricultura e na pecuária.

Apenas uma ínfima parte da água no planeta é doce, quase toda ela encontrada abaixo da superfície. Apesar disso, a demanda por água é cada vez maior. A população atual e as gerações futuras dependem desses recursos e dos diversos benefícios diretos e indiretos originados a partir da água. Mas parte da humanidade não tem acesso à água potável e a serviços de saneamento básico, e muitas pessoas morrem diariamente em decorrência de doenças e complicações produzidas pelo consumo de água contaminada e falta de saneamento.

As águas superficiais e subterrâneas têm sido poluídas, com sua qualidade degradada a ponto de prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, criando condições adversas às atividades sociais e econômicas. A poluição das águas também afeta negativamente os seres vivos terrestres e, sobretudo, os aquáticos. Essa poluição ocorre devido à contaminação dos corpos d'água por elementos físicos, químicos e biológicos, que alteram as propriedades da água tornando-a inadequada ao desenvolvimento da vida, ao consumo, à produção de alimentos e ao avanço de outras atividades econômicas e sociais, podendo ser nociva ou prejudicial aos organismos vivos em geral e à vida humana. O principal responsável pela poluição das águas é a ação humana, sendo as atividades agrícolas, domésticas e industriais as principais fontes poluidoras. Contribuem ainda para esse processo a destruição dos ecossistemas associados aos corpos d'água.

Os corpos hídricos, sobretudo os rios, representam a principal fonte de recursos hídricos para a imensa maioria da população brasileira. Todavia a maioria dos rios se encontra poluída e os ecossistemas ciliares, essenciais à manutenção da qualidade das águas e responsáveis por

diversos serviços ecossistêmicos fundamentais, encontram-se largamente degradados, muitas vezes ao ponto da perda total de suas funções ambientais. Foram citados muitos exemplos de atividades humanas que afetam ou inviabilizam os ecossistemas ciliares, entre eles o desmatamento, a conversão de áreas e a degradação dos solos. As consequências dessas atividades são largamente conhecidas e foram igualmente abordadas.

Nesse contexto, é mais que reconhecida a importância da vegetação ciliar na manutenção da integridade dos recursos hídricos e de seus ecossistemas associados. No baixo Jacuí, $\frac{1}{3}$ da área total da faixa ciliar (500 m a partir de cada margem) foi convertida em outros usos que não a manutenção dos ecossistemas naturais, valor que chega à metade no trecho mais antropizado do rio. Os custos dessa supressão da vegetação ciliar, apesar de nem sempre quantificáveis em sua totalidade, são certamente elevados. Esse uso incorreto da paisagem gera várias consequências pela perda de serviços ecossistêmicos que a vegetação ciliar poderia oferecer.

Apesar disso, é possível retificar o uso incorreto da paisagem por meio da recuperação de áreas degradadas e dos solos, para que a vegetação nativa e suas funções possam ser restabelecidas. A presença de vegetação ciliar – conservada ou recuperada – gera serviços ambientais benéficos à população e ao meio ambiente. A recuperação da vegetação ciliar pode aumentar significativamente a filtragem das águas da chuva, amortecendo enchentes, prevenindo a erosão e o assoreamento, bem como mantendo a navegação, aumentando a qualidade das águas e conservando a biodiversidade, entre outros. O processo de recuperação é também parte essencial da recuperação das funções originais da planície de inundação do rio Jacuí.

Além de evitar o assoreamento dos corpos hídricos e de gerar benefícios sociais e econômicos diretos e indiretos, a recuperação da vegetação ciliar é uma medida de adequação ambiental que permite a continuidade de atividades econômicas ao mesmo tempo em que evita a erosão do solo. A recuperação da vegetação é igualmente um instrumento integrador, pois adequa as propriedades à legislação ambiental, ao passo que diminui o passivo ambiental e aumenta a provisão de serviços ambientais, gerando sustentabilidade em longo prazo.

Referências bibliográficas

AHRGS (Arquivo Histórico do Rio Grande do Sul). 1850. Fundo “Exército, Marinha, Guarda Nacional.” Série Marinha-Delegacia da Capitania do Porto, 12 de dezembro de 1850.

Almeida, D.S. 2016. Recuperação ambiental da Mata Atlântica. Ilhéus: EDITUS. 3ª ed. 200p.

Almeida, R.O.P.O., Sánchez, L. E. 2005. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação de desempenho. Revista *Árvore* 29 (1):47-54.

APG IV (The Angiosperm Phylogeny Group). 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181(1):1-20.

Araújo, R.C.P., Maia, L.P. 2009. Pagamento de compensatória ambiental aplicada sobre proprietários de lotes urbanos em Área de Preservação Permanente (APP) do rio Jaguaribe, Fortim – CE. 47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, pp. 1-18.

- Barbosa, L.M. 2009. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares, pp. 289-312. *In* R.R. Rodrigues e H.F.L. Filho (eds.), *Matas ciliares: conservação e recuperação*, 2ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 320p.
- Borges, L.A.C., Rezende, J.L.P., Pereira, J.A.A., Barros, D.A. 2015. Regularização ambiental de propriedades rurais no Estado de Minas Gerais, pp. 607-635. *In* A.C. Davide e S.A. Botelho (eds.), *Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais – 25 anos de experiência em matas ciliares*. Lavras: UFLA. 636p.
- Botelho, S.A., Pereira, I.M, Vilas Boas, R.A., Nogueira, M.O.G., Carlos, L. 2015. Restauração de matas ciliares, pp. 433-475. *In* A.C. Davide e S.A. Botelho (eds.), *Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais – 25 anos de experiência em matas ciliares*. Lavras: UFLA. 636p.
- Bradshaw, A.D. 1990. Restoration: an acid test for ecology, pp. 23-29. *In* W.R. Jordan, M.E. Gilpin and J.D. Aber (eds.), *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 356p.
- Brançalion, P.H.S., Gandolfi, S., Rodrigues, R.R. 2015. *Restauração Florestal*. São Paulo: Oficina de Textos. 432p.
- Brasil. 1996. Decreto nº 1.905, de 16 maio de 1996. Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como habitat de aves aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de fevereiro de 1971. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/D1905.htm>. Acesso em: 2019.
- Brasil. 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, e dá outras providências (Código Florestal). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 2019.
- BTR – Bioflora Tecnologia da Restauração. 2015. *Manual de Restauração Ecológica Técnicos e Produtores Rurais no Extremo Sul da Bahia*. Disponível em: <http://www.viveirobioflora.com.br/files/file_texto_123.pdf>. Acesso em: 2019.
- Chada, S.S., Campello, E.F.C., Faria, S.M. 2004. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. *Revista Árvore* 28(6):801-809.
- Chave, J. 2013. The problem of pattern and scale in ecology: what have we learned in 20 years? *Ecology Letters* 16:4-16.
- Clark, D.B. 1996. Abolishing virginity. *Journal of Tropical Ecology* 12:735-739.
- Costa, L.G.S., Pinã-Rodrigues, F.C.M. 1996. Viabilidade técnica da recuperação de áreas degradadas. Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Serviço de Documentação e Informação, 26p.
- Damasceno, A.C.F., Gandara, F.B. 2005. Macrofauna edáfica em áreas restauradas com diferentes idades no Pontal do Paranapanema - SP. *In* *Anais do Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas*. Curitiba: SOBRADE, CD-ROM.
- Ferreira, A.P., Campello, E.F.C., Franco, A.A., Resende, A.S. 2007. Uso de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia no polo

produtor de Seropédica/Itaguaí. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 31p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 236).

Freire, M. 2006. Chuva de sementes, banco de sementes do solo e deposição de serapilheira como bioindicadores ambientais. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 80p.

Gandolfi, S. 2006. Indicadores de avaliação e monitoramento de áreas em recuperação. *In* Anais do Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Curitiba: SOBRADE, CD-ROM.

Gregory, S.V., Swanson, F.J., Mckee, W.A., Cummins, K.W. 1991. An ecosystem perspective of riparian zones – focus on links between land and water. *BioScience* 41(8):540-551.

Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:1-23.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. Mapa de Biomas do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em: 2019.

Jarenkow, J. 1994. Estudo fitossociológico comparativo entre duas áreas com mata de encosta no Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado em Ecologia. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 122p.

Jarenkow, J., Waechter, J.L. 2001. Composição, estrutura e relações florísticas do componente arbóreo de uma floresta estacional no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 24:263-272.

Jurinitz, C.F., Jarenkow, J.A. 2003. Estrutura do componente arbóreo de uma floresta estacional na Serra do Sudeste, Camaquã (RS), Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 26:475-487.

Kageyama, P., Gandara, F.B. 2009. Recuperação de Áreas Ciliares, pp. 249-269. *In* R.R. Rodrigues e H.F.L. Filho (eds.), *Matas ciliares: conservação e recuperação*, 2ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 320p.

Kageyama, P.Y., Gandara, F.B., Oliveira, R.E. 2003. Biodiversidade e restauração da floresta tropical, pp. 29-48. *In* P.Y. Kageyama *et al.* (orgs.), *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. Botucatu: FEPAF. 340p.

Levin, S.A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73:1943-1967.

Lima, W.P., Zakia, M.J.B. 1998. Indicadores hidrológicos em áreas florestais. *Série Técnica IPEF* 12(31):53-64.

Lomov, B., Keith, D.A., Britton, D.R., Hochuli, D. 2006. Are butterflies and moths useful indicators for restoration monitoring? A pilot study in Sydney's Cumberland plain woodland. *Ecological Management & Restoration* 7(3):204-210.

Lourenço, A.R.L., Parra-O., Sánchez-Chávez, C.E., Lucas, E. 2018. New combinations and names for continental American *Calypttranthes* (Myrtaceae: *Myrcia* s.l.). *Phytotaxa* 373(1):71-85.

Machado, L.M., Magistrali, I.C., Araldi, D.B. 2017. Comparação das características biotécnicas de *Sebastiania schottiana* (Müll.Arg.) Müll.Arg., *Phyllanthus sellowianus* (Klotzsch) Müll.Arg., *Salix humboldtiana* Willd. e *Salix × rubens* Schrank. *Ciência Florestal* 27(2):635-641.

Martins, S.V. 2007. Recuperação de matas ciliares. Viçosa: Editora Aprenda Fácil. 255p.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis.*, Washington: World Resources Institute. 86p.

Minas Gerais. 2010. Capacitação de profissionais para regularização de áreas de Reserva Legal em Minas Gerais. Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambiente, Patrimônio Cultural, Urbanismo e Habitação (CAOMA), Instituto Estadual de Florestas (IEF), Associação dos Notários e Registradores do Estado de Minas Gerais (SERJUS-ANOREG/MG). Belo Horizonte, MG, Brasil. 62p.

Molz, M. 2004. Florística e estrutura do componente arbóreo de um remanescente florestal na bacia do rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de Mestrado em Botânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 62p.

NBL – Engenharia Ambiental Ltda., TNC – The Nature Conservancy. 2013. Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará. Belém: The Nature Conservancy. 128p.

Noelli, F.S. 2000. Documentação histórica do limite meridional da *Araucaria angustifolia* e do início do processo de desmatamento no Rio Grande do Sul, Brasil. *Napaea* 12:69-74.

Oliveira-Filho, A.T., Vilela, E.A., Carvalho, D.A., Gavilanes, M.L. 1994. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 10(04):483-508.

Overbeck, G.E., Boldrini, I.I., Carmo, M.R.B., Garcia, E.N., Moro, R.S., Pinto, C.E., Trevisan, R., Zannin, A. 2015. Fisionomia dos campos, pp. 31-42. In V.P. Pillar e O. Lange (eds.), *Os Campos do Sul*. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos - UFRGS. 192p.

Pacheco, M.F.S.D. 1956. Divisão regional do Rio Grande do Sul. *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul* 1(4):7-17.

Pereira, I.M., Botelho, S.A., Davide, A.C. 2015. Restauração de ecossistemas: Bases ecológicas e silviculturais, pp. 369-432. In A.C. Davide e S.A. Botelho (eds.), *Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais – 25 anos de experiência em matas ciliares*. Lavras: UFLA. 636p.

Pinheiro, A.C.D., Procópio, J.B. 2008. Áreas urbanas de preservação permanente ocupadas irregularmente. *Revista de Direito Público* 3(3):83-103.

Pinto, L.V.A., Botelho, S.A., Oliveira-Filho, A.T., Davide, A.C. 2005. Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. *Árvore* 29(5):775-793.

Rambo, B. 1956. *A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural*. 2ª ed. Porto Alegre: Livraria Selbach. 456p.

Ramsar. 2016. An Introduction to the Convention on Wetlands (previously The Ramsar Convention Manual). Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.

Reis, A., Kageyama, P.Y. 2003. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas, pp. 91-110. *In* P.Y. Kageyama *et al.* (orgs.), Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. Botucatu: FEPAF. 340p.

Reis, D.N., Davide, A.C., Botelho, S.A. 2015. Indicadores de recuperação de áreas degradadas: conceitos e perspectivas, pp. 585-606. *In* A.C. Davide e S.A. Botelho (eds.), Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais – 25 anos de experiência em matas ciliares. Lavras: UFLA. 636p.

Reitz, R., Klein, R.M., Reis, A. 1983. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. *Sellowia* 34/35:1-525.

Rodrigues, R.R. 2009. Uma discussão nomenclatural das formações ciliares, pp. 91-99. *In* R.R. Rodrigues e H.F.L. Filho (eds.), Matas ciliares: conservação e recuperação, 2ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 320p.

Rodrigues, R.R., Gandolfi, S. 1996. Recomposição de Florestas Nativas: Princípios Gerais e Subsídios para uma Definição Metodológica. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental* 2 (1):4-15.

Rodrigues, R.R., Gandolfi, S. 1998. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento, pp. 203-216. *In* L.E. Dias e J.W.V. Mello (orgs.), Recuperação de áreas degradadas. 1ª ed. Viçosa: Editora Folha de Viçosa Ltda. 251p.

Rodrigues, R.R., Gandolfi, S. 2009. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares, pp. 235-247. *In* R.R. Rodrigues e H.F.L. Filho (eds.), Matas ciliares: conservação e recuperação, 2ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 320p.

Rodrigues, R.R., Shepherd, G.J. 2009. Fatores condicionantes da vegetação ciliar, pp. 101-107. *In* R.R. Rodrigues e H.F.L. Filho (eds.), Matas ciliares: conservação e recuperação, 2ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 320p.

SER – Society for Ecological Restoration International. 2005. Science and Policy Working Group. Diretrizes para Desenvolver e Gerenciar Projetos de Restauração Ecológica, 2ª ed., 19p.

Sobral, M., Jarenkow, J. A., Brack, P., Irgang, B., Larocca, J., Rodrigues, R. S. 2013. Flora Arbórea e Arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil. São Carlos: Rima/Novo Ambiente. 357p.

Sorreano, M.C.M. 2002. Avaliação de aspectos da dinâmica de florestas restauradas com diferentes idades. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 144p.

Stein, A., Gerstner, K., Kreft, H. 2014. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters* 17(7):866-880.

Stenseth, N.C., Mysterud, A., Ottersen, G., Hurrell, J.W., Chan, K-S. Lima, M. 2002. Ecological effects of climate fluctuations. *Science* 297:1292-1296.

- Strauss, S.Y., Irwin, R.E. 2004. Ecological and evolutionary consequences of multispecies plant-animal interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 35:435-66.
- Sutili, F.J., Durlo, M.A., Bressan, D.A. 2004. Potencial biotécnico do sarandi-branco (*Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de cursos d'água. *Ciência Florestal* 14(1):13-20.
- TNC – The Nature Conservancy. 2016. Manual de Restauração da Vegetação Nativa, Alto Teles Pires, MT. Alto Teles Pires: The Nature Conservancy. 134p.
- Vasconcellos, J.M.O., Dias, L.L., Silva, C.P., Sobral, M. 1992. Fitossociologia de uma área de mata subtropical no Parque Estadual do Turvo-RS. *Revista do Instituto Florestal* 4:252-259.
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R. and Kinzig, A. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society* 9(2):5. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>
- Wallace, K.J. 2007. Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *Biological Conservation* 139: 235-246.
- Woodward, F.I., Lomas, M.R., Kelly, C.K. 2004. Global climate and the distribution of plant biomes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 359: 1465-1476.
- Yang, Z., Liu, X. Zhou, M., Ai, D., Wang, G., Wang, Y., Chu, C. Lundholm J.T. 2015. The effect of environmental heterogeneity on species richness depends on community position along the environmental gradient. *Scientific Reports* 5:15723.