

ESTA PUBLICAÇÃO  
FOI EDITADA EM  
PARCERIA POR

**CATERPILLAR**

**SINERGIA**



**HSBC**

The Nature  
Conservancy  
Proteger a natureza é preservar a vida.



# Análise de Risco Ecológico da Bacia do Rio Paraguai

Argentina, Bolívia, Brasil e Paraguai



Janeiro de 2012



# **Análise de Risco Ecológico da Bacia do Rio Paraguai**

**Argentina, Bolívia, Brasil e Paraguai**

1ª Edição

**Realização**

The Nature Conservancy, WWF-Brasil

**Apoio**

CPP/Sinergia, TNC/LAR, Caterpillar, HSBC,  
WWF-Bolívia e WWF-Paraguai

**Colaboradores**

Embrapa Pantanal e Ecoa

Brasília, DF

2012

## WWF-BRASIL

Secretária-geral  
Maria Cecília Wey de Brito

Superintendente de Conservação  
Carlos Alberto de Mattos Scaramuzza

### Programa Cerrado-Pantanal

Coordenador  
Michael Becker

### Programa Água para a Vida

Coordenador  
Samuel Barreto

### Laboratório de Ecologia da Paisagem

Coordenador  
Sidney Rodrigues

## THE NATURE CONSERVANCY

Representante no Brasil  
Ana Cristina Fialho Barros

### Programa de Conservação da Mata Atlântica e das Savanas Centrais

Diretor  
João Santo Campari

### Estratégia de Água Doce do Programa de Conservação da Mata Atlântica e das Savanas Centrais

Coordenador  
Albano Araújo

## FICHA TÉCNICA

### Autores

Paulo Petry (TNC)  
Sidney T. Rodrigues (WWF-Brasil)  
Mario Barroso Ramos Neto (WWF-Brasil)  
Marcelo H. Matsumoto (TNC)  
Glaucio Kimura (WWF-Brasil)  
Michael Becker (WWF-Brasil)  
Pamela Rebolledo (WWF-Bolívia)  
Albano Araújo (TNC)  
Bernardo Caldas De Oliveira (WWF-Brasil)  
Mariana da Silva Soares (WWF-Brasil)  
Magaly Gonzales de Oliveira (WWF-Brasil)  
João Guimarães (TNC)

### Revisão Técnica

Carlos Padovani (Embrapa Pantanal)

### Colaboradores

Adolfo Moreno (WWF-Bolívia)  
Angelo J. R. Lima (WWF-Brasil)  
Anita Diederichsen (TNC)  
Bart Wickel (WWF-US)  
Cesar Balbuena (WWF-Paraguay)  
Claudia T. Callil (UFMT)  
Débora F. Calheiros (Embrapa Pantanal)  
Federico Monte Domeq (IPH- Sinergia)  
Juan Jose Neiff (CECOAL/CONICET Argentina)  
Leandro Baumgarten (TNC)  
Leon Merlot (FCB- Bolívia)  
Lucy Aquino (WWF-Paraguay)  
Lunalva Schwenk (UFMT)  
Peter Zeilhofer (UFMT)  
Pierre Girard (Sinergia)  
Samuel Roiphe Barreto (WWF-Brasil)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A532 Análise de Risco Ecológico da Bacia do Rio Paraguai: Argentina, Bolívia, Brasil e Paraguai/ Petry, Paulo; Rodrigues, Sidney...[et al.]; The Nature Conservancy; WWF-Brasil. Brasília, DF: The Nature Conservancy do Brasil, Outubro de 2011.

54 p. 1a edição

1. Risco Ecológico 2. Bacia do Rio Paraguai 3. Vulnerabilidade Regional 4. Mudanças Climáticas

ISBN 978-85-60797-10-3

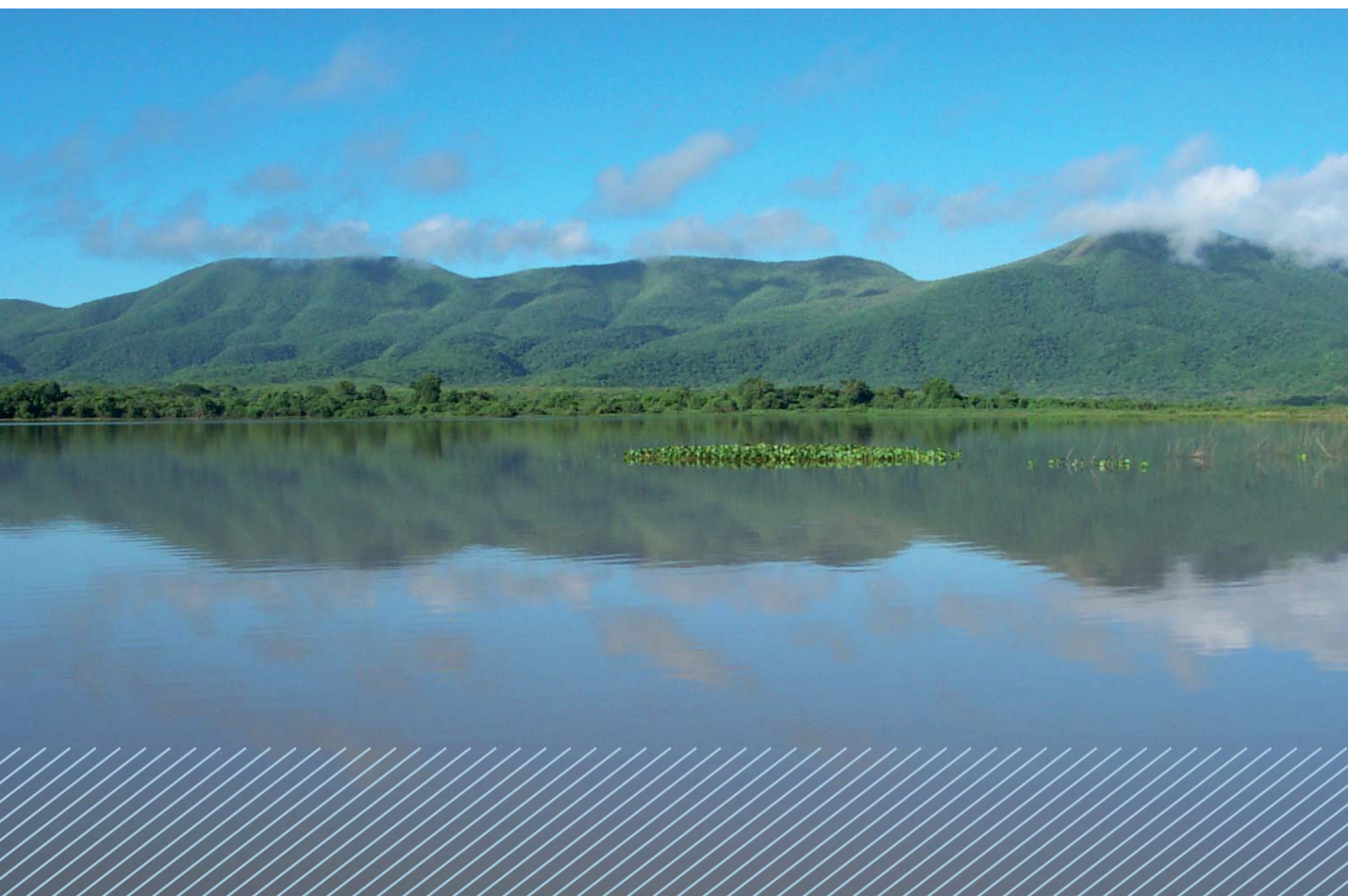
CDD –

# Sumário

Introdução .....	06
Contexto .....	09
Área de estudo .....	10
Métodos .....	15
Índice de Risco Ecológico – IRE .....	16
Etapas do IRE .....	18
Análises hidrológicas .....	22
Resultados .....	24
Discussão e recomendações .....	38
Conclusões .....	50
Referências .....	53

# Introdução

Esta publicação traz os resultados da avaliação de risco ecológico da Bacia do rio Paraguai, um primeiro passo para se determinar a vulnerabilidade regional frente às mudanças climáticas e para a discussão sobre quais riscos podem se intensificar no futuro.



A análise de risco ecológico avalia os estresses não climáticos atuais. Já na análise de vulnerabilidade, os estresses relacionados aos efeitos das mudanças climáticas globais são considerados e avaliados em sua interação sinérgica com os estresses atuais.

O objetivo deste estudo é identificar a situação dos componentes ecológicos que garantem a integridade dos sistemas aquáticos na bacia. Esta análise subsidiará os governos dos quatro países que a compartilham, assim como a sociedade civil organizada, para que desenvolvam uma agenda de adaptação do Pantanal às alterações do clima e busquem a sua implantação, para aumentar a resiliência<sup>1</sup> e diminuir a vulnerabilidade da bacia. Os resultados desse estudo também podem promover a gestão integrada e transfronteiriça dos recursos hídricos.

Apesar da sua importância ecológica e econômica, os ambientes aquáticos da Bacia do rio Paraguai são constantemente ameaçados pela degradação, especialmente nos planaltos e chapadões que circundam o Pantanal, onde nascem os principais rios que mantêm viva a planície, em áreas de Cerrado. Sendo assim, é fundamental conhecer como ameaças, isoladas ou em conjunto, afetam sua integridade ecológica, pois as mudanças climáticas podem aumentar a força e quantidade de inundações ou secas, por exemplo.

Este estudo ajuda no entendimento de que as características únicas da Bacia do rio Paraguai dependem da inter-relação entre o planalto e a planície. Logo, quaisquer ações que possam causar impacto nos sistemas hidrológicos no planalto têm como consequência impactos na planície. Impactos negativos no planalto, onde estão as cabeceiras dos rios que drenam a planície, transferem problemas de montante à jusante na bacia.



© WWF-BRASIL/ADRIANO GAMBARINI

<sup>1</sup> Resiliência é a capacidade de um ecossistema de se recuperar e retomar as mesmas formas e funções após alterações no ambiente, como seca, enchente, fogo ou desmatamento.



Não se pode esquecer que a Bacia do rio Paraguai abriga a maior planície inundável do planeta, o Pantanal, onde os ciclos anuais de cheias e secas regem a vida de milhares de espécies. A variação sazonal do nível das águas impõe limites naturais à ocupação humana de larga escala. A bacia também engloba a extensa planície do Chaco e parte da Cordilheira dos Andes, susceptível a estiagens severas pela predominância de um clima árido.

A pecuária de corte é uma das mais tradicionais atividades econômicas do Pantanal há mais de dois séculos. Porém, apresenta baixa produtividade se comparada à praticada na parte alta da bacia, no Cerrado. Isso acontece porque, durante as cheias, a inundação das pastagens obriga o gado a refugiar-se nas áreas mais elevadas. Assim, os produtores ficam sem grandes áreas de pastagens durante parte do ano, exigindo grandes extensões para que a atividade seja economicamente viável.

Por outro lado, o ciclo de vazantes e cheias é responsável pela riqueza ecológica da região e por serviços ecossistêmicos de alto valor, como a fertilização dos campos. Também oferece condições ideais para a

proliferação de peixes e outras espécies, e com a ajuda de plantas aquáticas purifica as águas e atrai grande abundância de aves aquáticas em busca de alimento.

Tamanha riqueza natural atrai quase um milhão de turistas todos os anos para observação da vida silvestre e pesca esportiva. Com base no estudo recente de Moraes (2008), é possível estimar que os serviços ecossistêmicos do Pantanal sejam de US\$ 112 bilhões por ano, ou quase R\$ 180 bilhões. Logo, pode valer muito mais manter

parte da região preservada do que sua transformação total em zonas agropecuárias, cujo lucro estimado seria de apenas US\$ 414 milhões anuais. Principalmente pelo fato de que os serviços ecossistêmicos beneficiam toda a sociedade, enquanto os lucros da agropecuária são internalizados apenas pelos produtores e parte da população ligada direta e indiretamente à produção rural, ficando o restante da sociedade com os benefícios apenas dos produtos consumidos.



© WWF-BRASIL/ADRIANO GAMBARINI



© TNC-ALBANO ARAUJO



# Contexto

O presente trabalho está inserido na *Iniciativa Água e Clima*, fruto de uma parceria global entre a Rede WWF e o Banco HSBC focada em promover a adaptação de bacias hidrográficas às mudanças climáticas. Da mesma forma, a *Aliança dos Grandes Rios* é resultado da parceria entre The Nature Conservancy (TNC) e Fundação Caterpillar, com objetivo de transformar a forma como as maiores bacias hidrográficas do mundo são gerenciadas, criando um novo modelo de sustentabilidade para estes grandes sistemas hidrológicos.

Assim, o WWF-Brasil e a TNC uniram esforços para qualificar os riscos ambientais da Bacia do rio Paraguai, com base no método proposto por Mattson & Argermeier (2007). Tal método baseia-se numa abordagem multi-criterial, participativa, envolvendo o conhecimento da bacia por atores locais, sendo gerado um índice de risco ecológico baseado na severidade do impacto aos ecossistemas, na frequência com que os mesmos ocorrem na bacia e na

sensibilidade da mesma aos diversos impactos.

Esse trabalho também faz parte do Projeto Sinergia, coordenado pelo Centro de Pesquisa do Pantanal (CPP), que visa desenvolver cenários de mudanças climáticas para o Pantanal, até 2100. O CPP é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP) com sede no Mato Grosso dedicada a promover o bem estar da população pantaneira e a busca da sustentabilidade ambiental na região. Com

apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o Projeto Sinergia mantém uma rede de pesquisa e de gestão integrada da Bacia do rio Paraguai, a Rede Sinergia, da qual participam mais de dez instituições e cerca de 40 pesquisadores. Por meio de encontros internacionais, envolvendo Brasil, Bolívia, Argentina e Paraguai, a Rede definiu seis temas de pesquisa e nove projetos a serem executados, incluindo a análise de risco ecológico da Bacia do rio Paraguai<sup>2</sup>.

© TNC-REBECCATHARME



# Área de estudo

Desde sua nascente, na região de Diamantino (MT), até sua confluência com o Rio Paraná, em Corrientes (Argentina), o rio Paraguai percorre mais de 2.600 quilômetros. A área de drenagem tem mais de 1.135.000 quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>), equivalentes a mais de 800 reservatórios de Itaipu somados, ou 35 vezes a área de Portugal, cobrindo porções do Brasil, Bolívia, Paraguai e Argentina (Figura 1)

A bacia apresenta grandes diferenças de altitude, com áreas mais altas do lado oeste, na Cordilheira dos Andes, a mais de 4.500 metros acima do nível do mar, enquanto o ponto mais baixo está no encontro com o rio Paraná, a 50 metros acima do nível do mar.



Figura 1. Localização da Bacia do rio Paraguai na América do Sul.

O clima na bacia varia muito, ficando cada vez mais seco e sazonal no sentido leste/oeste e norte/sul. Nas regiões norte e nordeste, o clima é tropical, com chuvas abundantes no verão e períodos de estiagem de três ou quatro meses. Na porção sudeste, predomina o clima subtropical com influência de frentes frias no inverno. As regiões centro-sul e sudeste têm clima seco, com forte sazonalidade na distribuição das chuvas. À medida que o relevo se eleva na borda leste dos Andes, a umidade diminui e, nas porções mais altas, predomina um clima semidesértico.

Os principais fornecedores de água para o rio Paraguai são os afluentes de sua margem esquerda, como os rios Cuiabá, São Lourenço, Taquari e Miranda, com suas nascentes no planalto adjacente e todos associados ao Pantanal. Na margem direita, os principais afluentes são os rios Pilcomayo e Bermejo, ambos nascem nas altitudes andinas.

Entre 2006 e 2008, a Rede WWF e a TNC lideraram um esforço conjunto com diversas outras organizações de pesquisa para um mapeamento mundial que identificou 426 ecorregiões<sup>3</sup> aquáticas (Abell, R. et al. 2008), sendo 50 na

América do Sul. O trabalho preencheu uma lacuna sobre informações quanto aos padrões de distribuição da biodiversidade aquática no planeta, muito maior do que da biodiversidade terrestre. Ainda em 2006, o Plano Nacional de Recursos

Hídricos (PNRH) incorporou um capítulo visando à gestão da biodiversidade nas ecorregiões aquáticas. Na Bacia do rio Paraguai, duas grandes ecorregiões aquáticas estão representadas: a do Chaco e a do Paraguai (Figura 2).

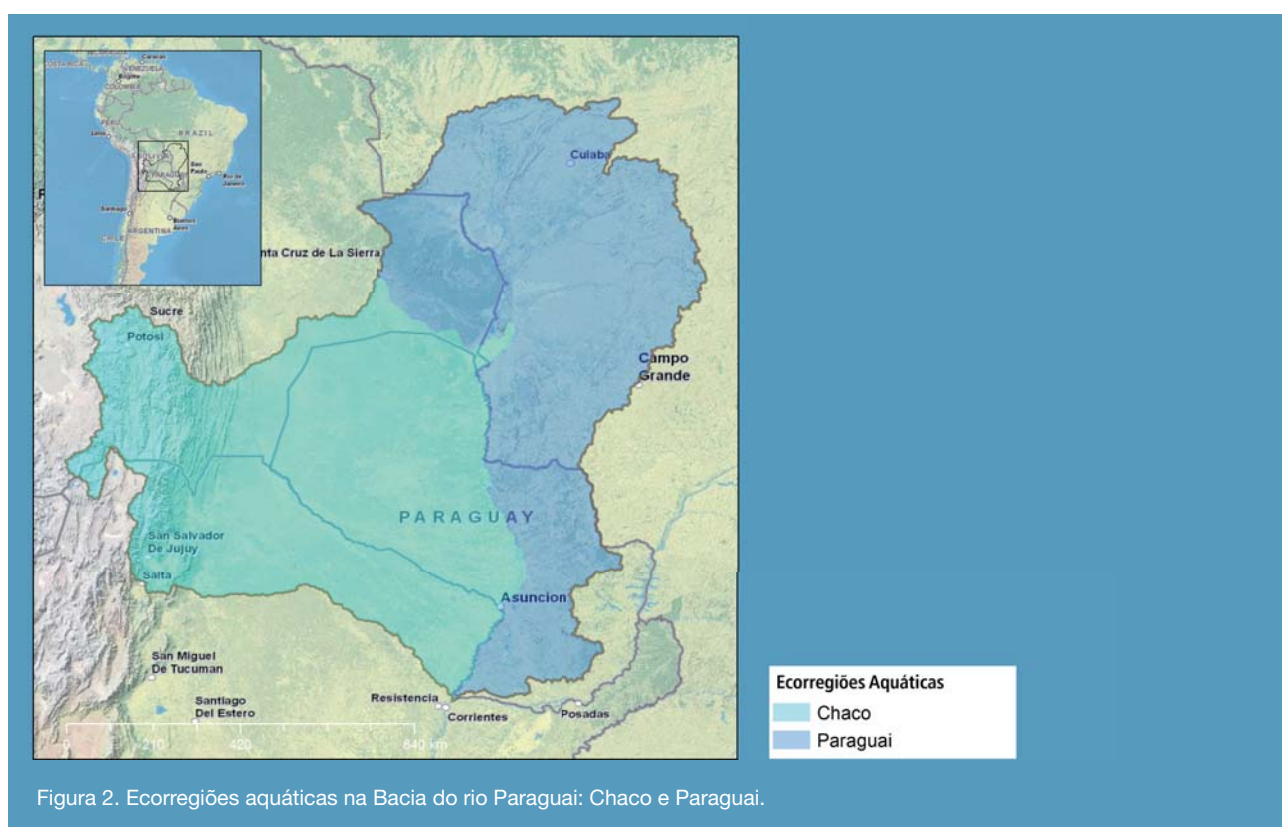


Figura 2. Ecorregiões aquáticas na Bacia do rio Paraguai: Chaco e Paraguai.

<sup>3</sup> Uma ecorregião aquática é uma área extensa representada por um ou mais ecossistemas de água doce que compartilham espécies aquáticas, dinâmica e condições ambientais, formando uma unidade de conservação que a diferencia de outras ecorregiões.



Considerando as ecorregiões terrestres, a Bacia do rio Paraguai ocupa parte de sete ecorregiões onde ecossistemas únicos foram moldados pelo clima, relevo e tipo de solo. Ocupando 46% de sua área, a principal ecorregião da bacia é o Gran Chaco, formada principalmente por florestas abertas que perdem as folhas durante a seca. Já as ecorregiões do Cerrado-Pantanal cobrem 18% e 14% da bacia, respectivamente. Os 22% restantes são cobertos pelos Altos Andes, Bosque Chiquitano, Mata Atlântica e Yungas (Figura 3).

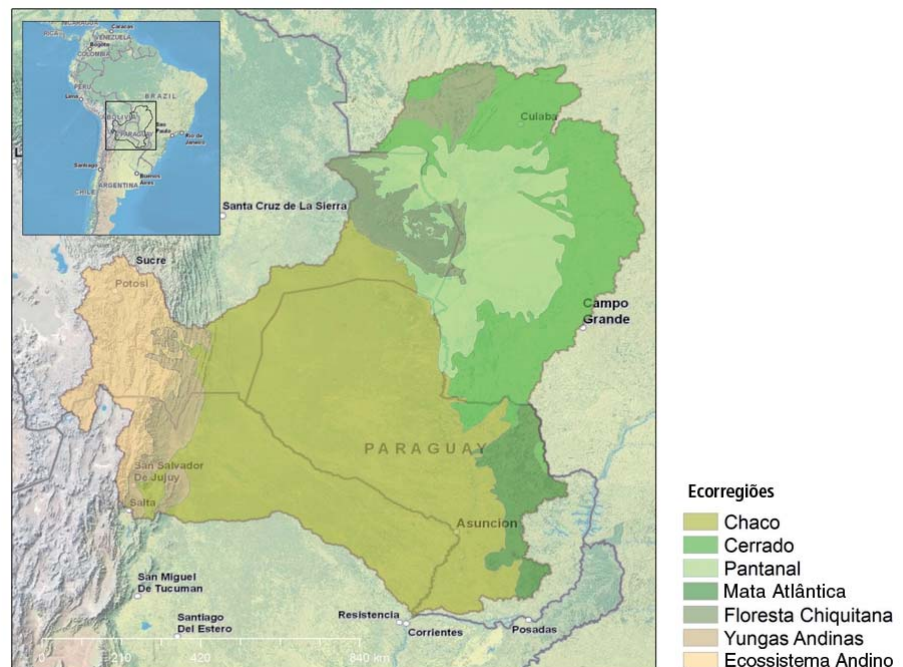


Figura 3. Distribuição das Ecorregiões Terrestres na Bacia do rio Paraguai.

Apesar de 75% da bacia ainda possuir cobertura vegetal nativa, algumas ecorregiões estão fortemente ameaçadas pela ação humana. Os maiores exemplos são o Cerrado, com 54% já desmatados, e a Mata Atlântica, com 48% convertidos. Cerca de 11%, ou 123.600 km<sup>2</sup> da bacia estão protegidos de alguma forma, sendo que apenas 5% (56.800 km<sup>2</sup>) estão sob proteção integral, dentro de parques nacionais ou estaduais e estações ecológicas. Apesar de mais ameaçado, o Cerrado é um dos menos protegidos, com apenas 2% de sua área sob proteção integral (Tabela 1 e Figura 4).

Além disso, as mais de 170 áreas protegidas não estão distribuídas de forma equilibrada entre as ecorregiões e sua disposição não segue nenhum critério de representação da biodiversidade. Existem esforços do governo brasileiro para a discussão do tema com reuniões de especialistas e iniciativas levando a diferentes propostas de novas áreas de conservação e re-estruturação das áreas já existentes para o Cerrado e Pantanal.

Tabela 1 – Status de conservação das ecorregiões terrestres na Bacia do rio Paraguai

Ecorregiões	Área (km <sup>2</sup> )	Remanescente	%
Chaco	518.099	433.443	84
Cerrado	207.825	95.921	46
Pantanal	160.505	146.212	91
Andes	89.339	83.612	94
Bosque Chiquitano	72.339	53.322	74
Mata Atlântica	45.441	23.403	52
Yungas Andinas	42.445	38.175	90
<b>TOTAL</b>	<b>1.135.992</b>	<b>874.089</b>	<b>77</b>

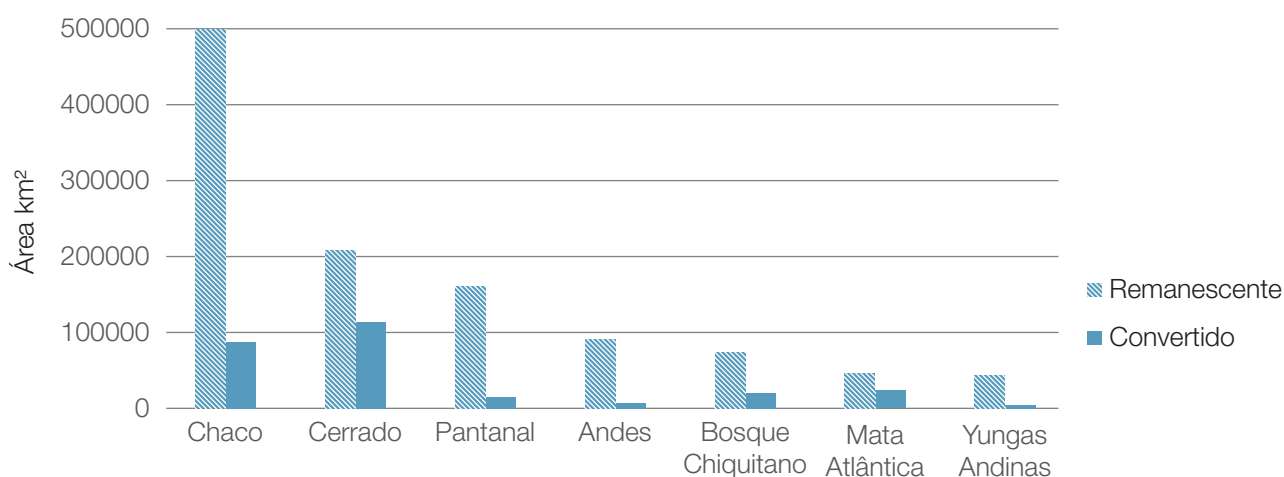


Figura 4. Status de conservação das ecorregiões terrestres na Bacia do rio Paraguai.

A bacia abriga mais de 8 milhões de habitantes, com sete em cada dez vivendo em centros urbanos. A maior concentração populacional está na Grande Assunção (Paraguai), com mais de 2 milhões de habitantes. Cuiabá (MT), San Salvador de Jujuy (Argentina), Potosi e Tarija, na Bolívia, são outros importantes núcleos urbanos, mas também há grandes “vazios populacionais”, como a região central do Pantanal e o noroeste do Gran Chaco.

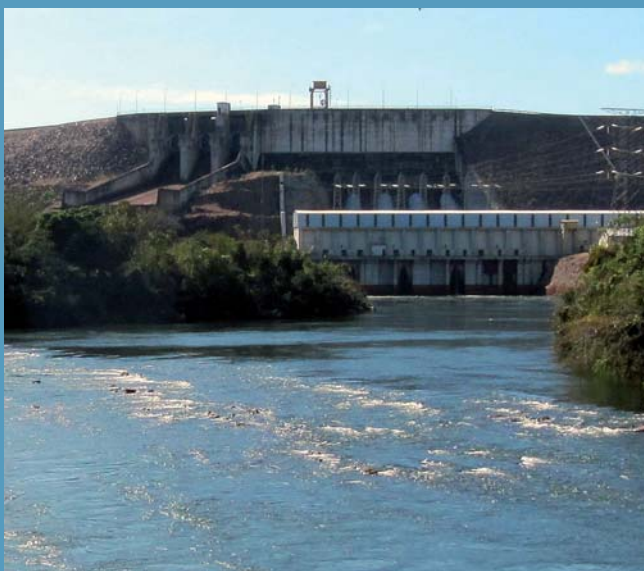
A principal atividade econômica é a agropecuária com mais de 30 milhões de cabeças de gado e quase 7 milhões de hectares plantados. A pecuária apresenta diferentes formas de manejo, desde as mais rústicas, como a pecuária extensiva, até as mais tecnificadas, com confinamento e gado com alto grau de melhoramento genético. Da mesma forma, na bacia coexistem áreas de agricultura tradicional e de precisão, essa com grande aporte de insumos e alta produtividade.



Além da agropecuária, a bacia tem importantes áreas de mineração, destacando-se regiões andinas como a de Potosi (Bolívia), de extração de gás natural, na transição do Chaco para os Andes, de ouro e diamantes, no Mato Grosso, e ainda de ferro, manganês e calcário, no Mato Grosso do Sul.

O rio Paraguai é navegável, pelo menos em parte do ano, de Cáceres (MT) à foz do rio Paraná e seguindo por este até a foz do Rio da Prata e Oceano Atlântico. Essa hidrovia, que tradicionalmente era via de transporte para a população, hoje concentra o transporte de minérios e grãos. Desde a década de 1990, se discute a possibilidade de tornar a navegação constante durante todo o ano no trecho mais alto do rio, o que exigiria dragagens, abertura de canais, construção de diques e retificação do leito. Todas essas obras afetariam severamente a dinâmica das águas e a sobrevivência dos organismos aquáticos na planície pantaneira. Apesar desses possíveis impactos, é constante a pressão para essas modificações.

© DAVID HARRISON/TNC



A presença de hidroelétricas é algo significativo na bacia, com alto potencial de geração, principalmente para Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs). Hoje estão instaladas 8 Usinas Hidroelétricas (UHE), 7 Centrais de Geração Hidroelétrica (CGH) e 16 PCHs, gerando cerca de 850 MW – cerca de 1% do total gerado por hidroeletricidade no Brasil. Só na porção brasileira, existem projetos de quase 70 novos empreendimentos energéticos, entre usinas em construção, em licenciamento e em estudos. Cerca de 70% da capacidade de geração de hidroeletricidade da bacia já está em uso.

# Métodos

O planejamento da conservação da natureza busca orientar ações de forma a preservar um conjunto representativo e funcional dos ecossistemas, que garanta a existência no longo prazo das espécies animais e vegetais e os produtos providos pelos serviços ambientais, ao mesmo tempo em que visa a minimizar o conflito entre os diferentes e legítimos interesses do setor produtivo e da sociedade em geral.

Esse processo depende da avaliação da importância ecológica das áreas para identificar quais são essenciais, ou não, para a saúde dos ecossistemas e para a manutenção da biodiversidade. No entanto, frente aos sempre escassos recursos para a conservação, é preciso também avaliar qual o grau de risco ecológico a que tais áreas estão submetidas e onde as ações conservacionistas terão maior chance de sucesso.

Entender os riscos ecológicos a que uma região está submetida também auxilia a definir qual tipo de ação é necessária

para evitar ou minimizar impactos negativos, seja adotando medidas de recuperação ou agindo rapidamente para evitar sua degradação. Atividades humanas provocam alterações no meio ambiente que geralmente comprometem a integridade dos ecossistemas, levando à diminuição das populações ou extinção local de espécies vegetais e animais, redução da qualidade da água e outros serviços ecossistêmicos importantes para toda a sociedade.

Há evidências de que a retirada completa de vegetação natural à margem

de um rio, por exemplo devido à agricultura, aumenta a erosão do solo e a entrada de sedimentos na água devido à perda da função protetora da mata ciliar. Conseqüentemente, os sedimentos carregados pela água fazem com que plantas e algas que dependem da luz para fotossíntese sejam reduzidas ou eliminadas. Com a retirada das árvores, menos frutos cairão, reduzindo a disponibilidade de energia e alimento para os peixes, o que pode afetar o tamanho de suas populações ou mesmo levá-los à extinção, principalmente aqueles que dependem de um determinado alimento.

# Índice de Risco Ecológico – IRE

Diante desse contexto, faz-se necessário um método que permita avaliar o grau de risco a que está sujeita a integridade dos ecossistemas aquáticos. De acordo com Karr et al. (1986) e Mattson & Argermeier (2007), pelo menos cinco aspectos funcionais devem ser avaliados na determinação do risco ecológico e que, se alterados, podem comprometer fortemente a integridade dos ecossistemas aquáticos (Figura 5):

- I. Fontes de energia;
- II. Regime hídrico;
- III. Qualidade da água;
- IV. Interações bióticas; e
- V. Estrutura física dos habitats.

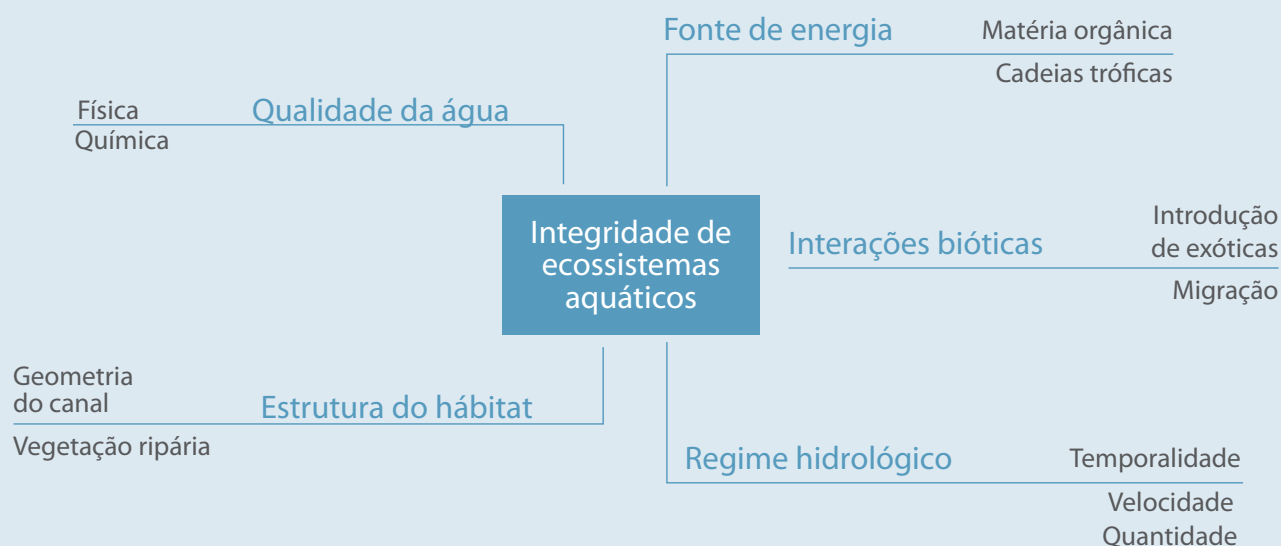


Figura 5. Integridade ecológica de ecossistemas aquáticos e seus atributos chave. Modificado de Karr et al. (1986) e Mattson & Argermeier (2007).

O grau de risco a que um dado ecossistema está submetido pode ser avaliado considerando as seguintes variáveis:

- I. A severidade de um dado estressor quanto ao grau de alteração ou distúrbio potencial que este pode provocar em cada um dos aspectos funcionais considerados;
- II. A frequência com que um dado estressor provoca alteração ou distúrbio nos aspectos funcionais.

Com base neste arcabouço teórico, Mattson & Argermeier (2007) propuseram o Índice de Risco Ecológico (IRE), que permite avaliar o estresse a que um determinado ecossistema ou unidade territorial está submetido. O IRE permite identificar quais são as áreas com maior risco ecológico para um determinado tipo ou conjunto de estressores e orientar decisões e ações de conservação. Por exemplo, apontar qual a vocação de uma determinada área, se é prístina e deve ser protegida, ou se o nível de degradação já impede ações de restauração. Também permite determinar quais são os principais fatores de estresse em uma região, indicando ações focadas e mais efetivas para mitigar esses estresses.

Logo, o IRE é o produto entre a severidade de um dado estressor, como definida acima e o número de ocorrências (frequência), deste mesmo estressor na unidade de estudo considerada. Sua representação matemática pode ser expressa como:

$$IRE_{(i)} = F_{(i)} \times S_{(i)}$$

(i) = identificador do estressor

F (i) = frequência do estressor i na bacia analisada.

S (i) = severidade do estressor i na bacia analisada.

Fato importante é que a magnitude do impacto de um dado estressor não é sempre a mesma em qualquer local: ela pode variar em função do próprio ecossistema. Por

exemplo, um estressor como poluição por derrame de petróleo provocará mais danos em ecossistemas de água parada ou lenta, como uma planície inundável (onde tenderá a se acumular), do que em ecossistemas com maior vazão, como rios de corredeiras que tenderão a dissipar o poluente. Tendo isto em mente, foi considerada mais uma variável:

- III. A sensibilidade de cada ecossistema em relação a um determinado estressor.

Essa variável pode atenuar ou acentuar a severidade de um dado estressor em função do ecossistema ser mais ou menos resistente ao impacto, obtendo-se o Índice de Risco Ecológico (IRE) para um dado estressor, que pode ser expresso como:

$$IRE_{(i)(j)} = F_{(i)} \times S_{(i)} \times Z_{(i)(j)}$$

(i) = identificador do tipo de estressor

(j) = identificador do tipo de ecossistema

F(i) = frequência do estressor i

S(i) = severidade do estressor i.

Z(i) = sensibilidade do ecossistema j ao estressor i.

Pode-se, ainda, com base no IRE, calcular o *Índice de Risco Ecológico Composto (IRE-C)*, que é o somatório dos IRE por estressor específico. Ele permite uma visão integrada dos riscos a que cada bacia está submetida.

A representação matemática do IRE-C pode ser expressa como:

$$IRE-C (k) = \sum IRE (i) (k)$$

(i)= identificador do tipo de estressor

(k) = identificador da bacia hidrográfica ou unidade territorial de análise.

Em suma, o IRE é uma ferramenta para tomadores de decisão, um indicador sintético que facilita a compreensão dos problemas por não especialistas e permite ações mais focadas e efetivas no combate à degradação da natureza.

# Etapas do IRE

A elaboração do IRE passa por diferentes etapas até o seu cálculo final (Figura 6). Uma vez de posse dos mapas digitais com as informações do meio físico (clima, geomorfologia e relevo), deve-se reunir também mapas digitais com os dados dos estressores (ou ameaças). Essas informações organizadas formam a base temática da bacia. A integração dos mapas digitais (informações espaciais) para a determinação do Índice de Risco Ecológico (IRE) da Bacia do rio Paraguai foi feita usando um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

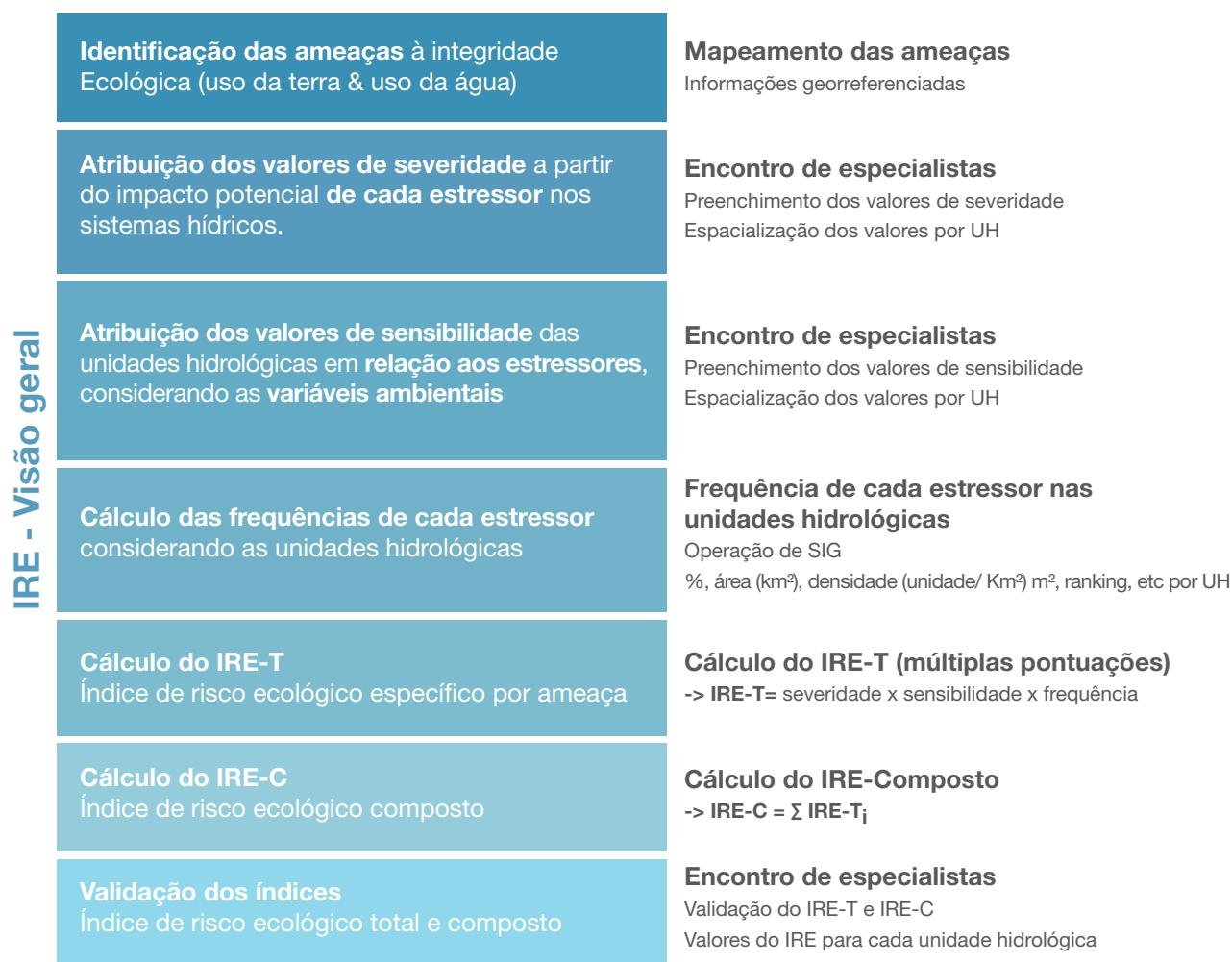


Figura 6. Etapas da análise de risco para bacias hidrográficas.



Dada a inexistência de mapas de ecossistemas para a região contendo a heterogeneidade ambiental, foram identificadas unidades ecológicas a partir do cruzamento das variáveis ambientais clima, geomorfologia, vegetação e unidades hidrológicas. Também foram incluídas avaliações qualitativas da bacia e dos estressores, como atributos das informações espaciais obtidas por meio de consulta com especialistas.

Para a determinação do IRE, foram usadas as informações sobre a distribuição espacial e frequência dos principais estressores dos ecossistemas aquáticos da bacia. Uma lista prévia de estressores foi levantada com base em análises de bibliografia e, a partir dela, foi criada uma base de dados georreferenciada, para análises preliminares.

Para a seleção e avaliação dos principais estressores (Tabela 2), considerou-se o conhecimento de especialistas locais. Para isso, foi realizada uma reunião com técnicos e especialistas de várias áreas do conhecimento, do Brasil, Paraguai e Bolívia. A seleção dos estressores foi feita a partir da análise de uma lista onde foram consideradas 13 fontes relevantes de estresse aos ecossistemas aquáticos da Bacia do rio Paraguai.

Os estressores foram avaliados individualmente pelos especialistas quanto a sua severidade como fonte de impacto direto sobre os aspectos funcionais dos ecossistemas aquáticos, citados anteriormente.

A sensibilidade desses aspectos funcionais frente aos impactos causados pelos estressores também foi avaliada. Para cada uma das variáveis ambientais, foi atribuída uma classe, como baixo,

médio ou alto impacto, com valores 1, 2 e 3, respectivamente. O valor final de severidade e de sensibilidade para um determinado estressor, e a sensibilidade de cada variável ambiental, é composto pela soma de todos os valores atribuídos.

Essas análises foram feitas com tabelas que foram distribuídas para cada especialista, em seguida analisadas e validadas em grupo. Ao final, foi feita uma análise de consistência das respostas dos especialistas, para se avaliar o número de respostas discrepantes. O resultado final é apresentado na Tabela 2, com os 13 estressores selecionados. Observa-se que hidrelétricas, população e agricultura são os estressores com maior importância como fonte de impactos para os sistemas hídricos.

De acordo com a opinião dos especialistas, foi avaliado como cada variável ambiental é impactada com relação à severidade dos estressores. A sensibilidade foi calculada a partir dos valores atribuídos para cada variável ambiental, também em relação aos 13 estressores. A Tabela 3 mostra um exemplo das classes atribuídas para uma determinada variável ambiental quanto a severidade de alguns estressores e frente à sensibilidade dessa mesma variável frente a alguns estressores, sob diferentes regimes climáticos. Essa tabela foi posteriormente integrada ao banco de dados espacial, o que permitiu a espacialização da sensibilidade por estressor.

Uma vez estabelecida a lista de estressores e os valores de sensibilidade e severidade associados, foram calculadas as frequências de ocorrência dos estressores para cada uma das unidades hidrológicas. Para isso, foi

feito o cruzamento das distribuições de ocorrência de cada estressor com as unidades hidrológicas. Os valores obtidos foram posteriormente escalonados para: “0” sem ocorrência na unidade hidrológica; “1” baixa ocorrência; “2” média ocorrência; e “3” alta ocorrência. Para a separação dos valores de ocorrência nessas quatro classes, foi utilizada a curva de distribuição de frequências e o algoritmo

de Jenks (1977), que busca identificar um conjunto de classes com a menor variância intragrupos possível.

Uma vez calculada a frequência e tendo disponível a sensibilidade e severidade, é possível calcular o IRE de cada estressor, que é a multiplicação simples dos três fatores. Como forma de garantir que o resultado expressa a realidade da

bacia foi feita uma reunião de validação dos resultados com especialistas dos quatro países envolvidos, Argentina, Brasil, Paraguai e Bolívia. Nessa reunião foram apresentados os resultados separados de cada estressor e o consolidado. Os especialistas indicaram as correções e ajustes necessários. Os resultados aqui apresentados são os obtidos após os ajustes solicitados na reunião de validação.

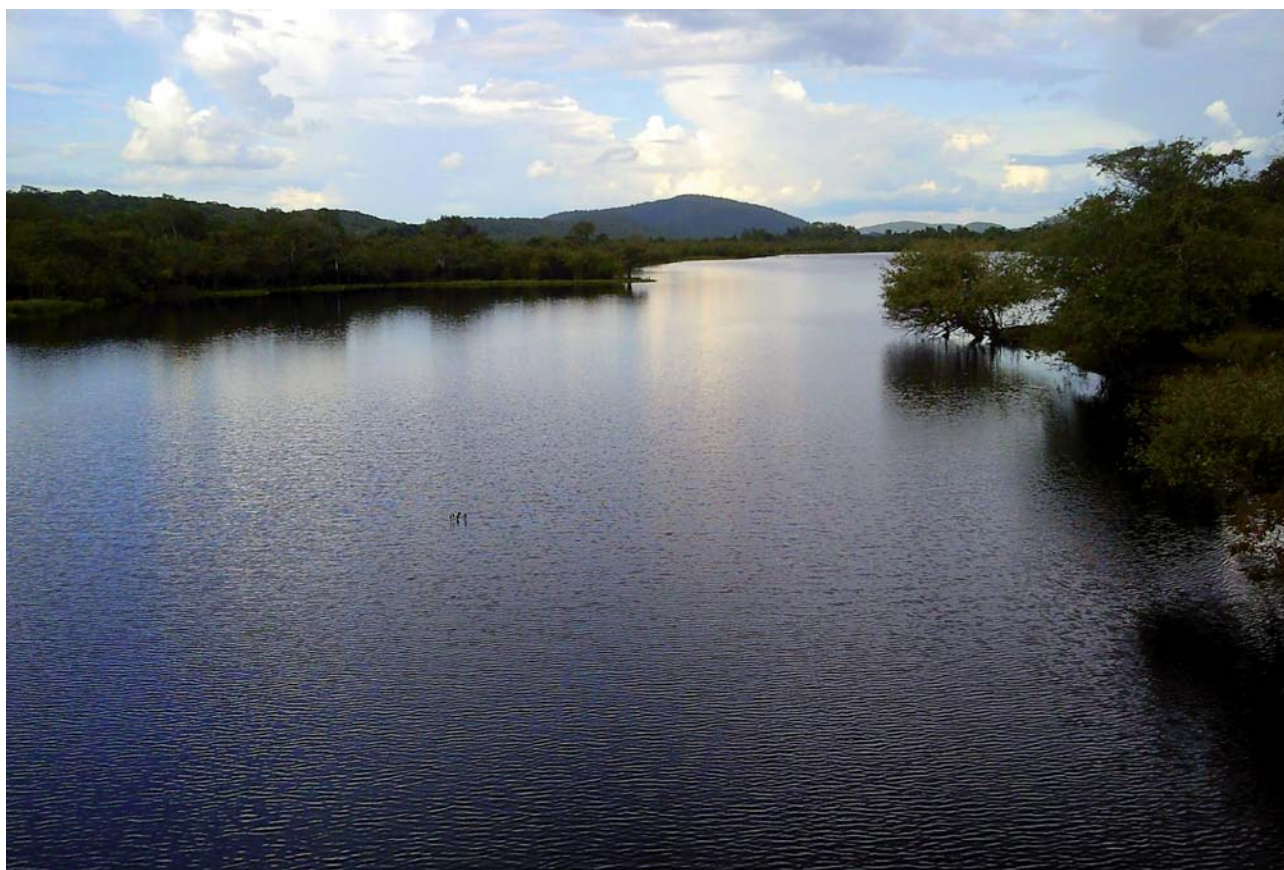


Tabela 2 – Estressores identificados para a Bacia do rio Paraguai

Estressor	Peso (Severidade)	Medida
Hidroelétrica	2.67	Densidade de UHE e PCH na unidade hidrológica (hidroelétrica/km <sup>2</sup> )
População	2.61	Densidade da população na unidade hidrológica (habitantes/km <sup>2</sup> )
Agricultura	2.61	Área plantada dentro da unidade hidrológica (km <sup>2</sup> )
Desmatamento	2.61	% desmatada na unidade de drenagem (% de desmatamento)
Hidrovia	2.28	Extensão de hidrovia dentro da unidade hidrológica (km)
Rodovia	2.22	Extensão das estradas na unidade hidrológica (km)
Mineração	2.17	Área de mineração dentro da unidade hidrológica (km <sup>2</sup> )
Fogo	2.13	Média de focos de calor entre 2002/08 por unidade de drenagem (focos/km <sup>2</sup> )
Pecuária	2.11	Densidade de gado dentro da unidade hidrológica (cabeças/km <sup>2</sup> )
Barramentos	1.94	Densidade de barramentos na unidade hidrológica (barramentos/km <sup>2</sup> )
Portos	1.67	Densidade de portos na unidade hidrológica (portos/km <sup>2</sup> )
Cruzamentos/pontes	1.56	Densidade de cruzamentos de estradas nos eixos de drenagem (cruzamentos/km <sup>2</sup> )
Gasoduto	1.17	Extensão de gasoduto dentro da unidade hidrológica (km)

Tabela 3. Exemplo de análise de severidade por estressor. Nesse caso, frente à sensibilidade climática foram consideradas como principais as classes climáticas semiárido, seco e sub-úmido

Estressor	Severidade do impacto		Sensibilidade a classes de clima		
			1	2	3
			Semiárido	Seco	Sub-úmido
Agricultura	1	Baixo			
	2	Médio			2
	3	Alto	3	3	
População	1	Baixo			
	2	Médio			2
	3	Alto	3	3	
Rodovias	1	Baixo	1		
	2	Médio		2	
	3	Alto			3
Cruzamentos/Pontes	1	Baixo	1	1	
	2	Médio			
	3	Alto			3
Hidrovias	1	Baixo			
	2	Médio		2	2
	3	Alto	3		
...	1	Baixo			
	...	...	...	...	...

# Análises hidrológicas

Para que os resultados do IRE possam ser obtidos em múltiplas escalas, foram determinados diferentes limites de sub-bacias hidrográficas num sistema hierárquico. Os dados que serviram de base para essas delimitações foram o modelo digital de elevação *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM/2000), processado e disponível na base de dados HydroSHEDS (sigla em Inglês de *Hydrological Data and Maps from Shuttle Elevation Derivatives at Multiple Scales*). Desenvolvido pelo WWF, a base de dados HydroSHEDS contém informações hidrográficas em uma base global e em várias resoluções (Lehner et al., 2008). Ela permite realizar análises regionais e globais sobre bacias hidrográficas, modelagem hidrológica, planejamento e conservação de água doce com qualidade, resolução e extensão antes inacessíveis.

A primeira análise foi o delineamento de sub-bacias em classes distintas de tamanho com base nos dados SRTM (2000). A unidade mínima de análise no caso desse estudo foi de bacias de tamanho de cem a mil quilômetros quadrados. O IRE foi então avaliado tendo essas unidades como base.

A partir dos dados de altimetria foi extraída uma série de unidades hidrológicas baseadas na área de captação, utilizando o método de bacias aninhadas desenvolvido por Fitzhugh (2005). Essa série

contempla cinco diferentes categorias de tamanho de bacia - as menores variando de cem a mil quilômetros quadrados; e as maiores de 1 milhão a 10 milhões de quilômetros quadrados. As diferentes classes de tamanho seguem um padrão hierárquico, onde a unidade menor sempre estará inserida na unidade de classe de tamanho superior subsequente, de forma a que se possa trabalhar em múltiplas escalas, e também permita delimitar as áreas de cabeceiras, bem como leitos de pequenos, médios e grandes rios.

Além disso, a cada microbacia foram associados atributos abióticos, como clima, geologia ou geomorfologia, utilizados para definir as unidades ecológicas (ecossistemas) existentes e estimar valores de sensibilidade de cada microbacia às diferentes ameaças. Considerando os dados de altimetria juntamente com outros dados hidrológicos do HydroSHEDS, foram realizadas análises de escoamento superficial cumulativas e calculada a média de vazão anual por sub-bacia. Assim, a contribuição hídrica das bacias foi dividida nas classes alta, média, baixa e mínima. Essa análise resultou no mapa de *water towers* ou “caixas d’água” da Bacia do rio Paraguai, que identifica as sub-bacias de maior contribuição em termos de águas superficiais (figura 8).









Já a análise de declividade e escoamento superficial (Figura 8) mostra claramente quais são as sub-bacias que geram a maior parte da vazão e que são responsáveis pela contribuição ao pulso sazonal de inundação que regula a vida na planície inundável do

Pantanal. Destacam-se as áreas de alta contribuição nas sub-bacias dos rios Cabaçal e Sepotuba, tributários da margem direita do rio Paraguai, no estado do Mato Grosso, a área cárstica da sub-bacia do rio Salobra, na Serra da Bodoquena, e

a região da cordilheira dos Andes, na região boliviana de Tarija, onde afloram algumas nascentes do rio Pilcomayo. O mapa ilustra claramente quão importante é a conectividade da planície de inundação central com as áreas remotas de nascentes nos planaltos adjacentes. Quaisquer alterações nessas conexões, tanto em termos de quantidade como de temporalidade das vazões, resultarão em impactos imprevisíveis aos sistemas de áreas úmidas do Pantanal. Portanto, as áreas de alta e média contribuições bem como os sistemas de cabeceiras que as conectam devem ser priorizadas nos esforços de conservação da bacia.

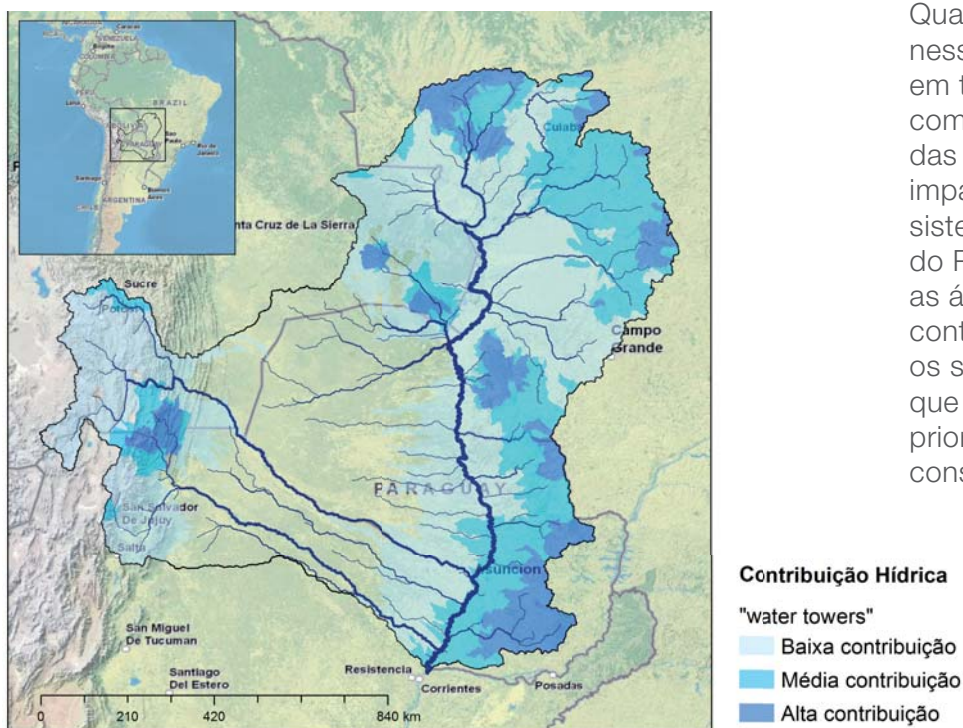


Figura 8. Áreas de contribuição hídrica na Bacia do rio Paraguai (*water towers*), considerando declividade e escoamento superficial.

# Análise dos riscos

As análises revelam que 14% da Bacia do rio Paraguai se encontram em alto risco de comprometimento dos recursos hídricos, enquanto 37% estão em médio risco e 49% em baixo risco. O índice de risco composto IRE-C resultou no seguinte mapa (Figura 9):

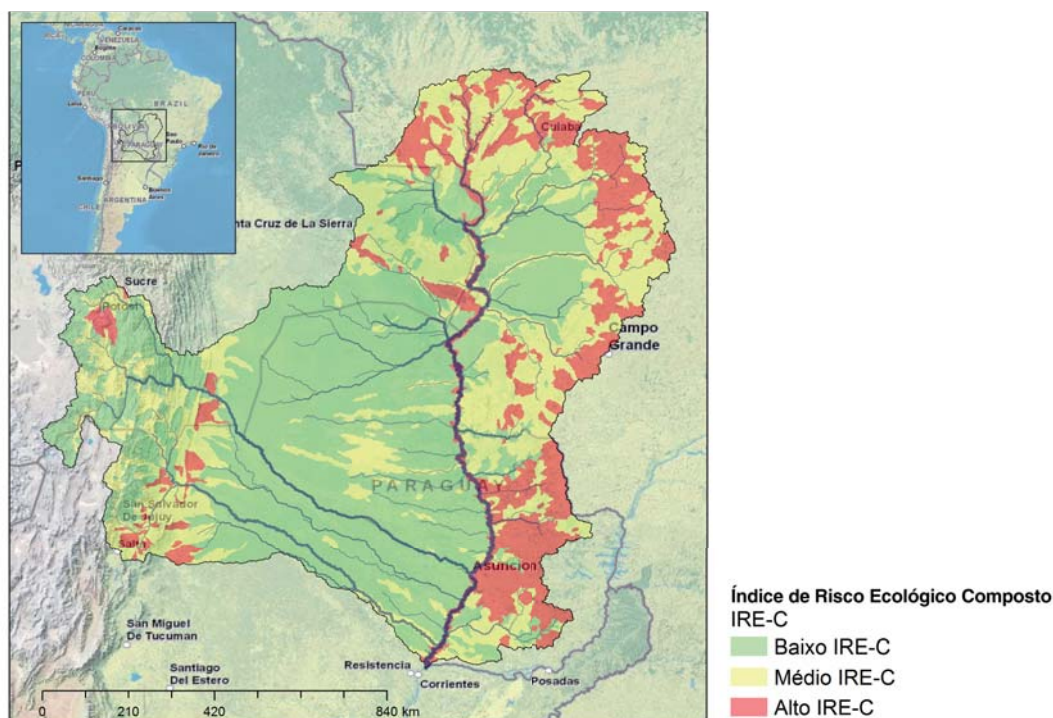


Figura 9. Resultado da análise de risco nas 1.837 unidades de drenagem.

Analisando a distribuição espacial das áreas mais ameaçadas observamos que estas aparecem concentradas em quatro regiões diferentes que têm características ambientais particulares, a saber:

1. Cabeceiras e tributários na região do Cerrado e bosque Chiquitano brasileiros;
2. Região de Mata Atlântica da Bacia do rio Paraguai;
3. Eixo de desenvolvimento Salta/Jujuy;
4. Puerto Suarez e vale do Tucavaca, na Bolívia.

Nos itens a seguir pode-se observar o que está acontecendo em cada uma dessas regiões. Para facilitar a análise, os estressores foram agrupados nas três categorias apresentadas na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4 – Agrupamento dos estressores

Infraestrutura e população	Atividades econômicas	Degradação ambiental
População, rodovias, pontes, portos, hidrovias, barramentos, hidroelétricas e gasodutos	Agricultura, pecuária, mineração, extração de gás/petróleo	Queimadas e desmatamento



# 1. Cabeceiras e tributários na região do Cerrado e bosque Chiquitano brasileiros

Esta região compreende as cabeceiras dos rios nas áreas de Cerrado e bosque Chiquitano no entorno do Pantanal brasileiro, os quais sofrem forte pressão pela ocupação humana. Os rios que lá nascem e correm em direção à planície pantaneira sofrem impactos de várias fontes. Essas cabeceiras estão praticamente todas em território brasileiro, ocupando porções do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul (Figura 10). A importância dessa região é aumentada por ser a principal fornecedora de água para a bacia pantaneira.

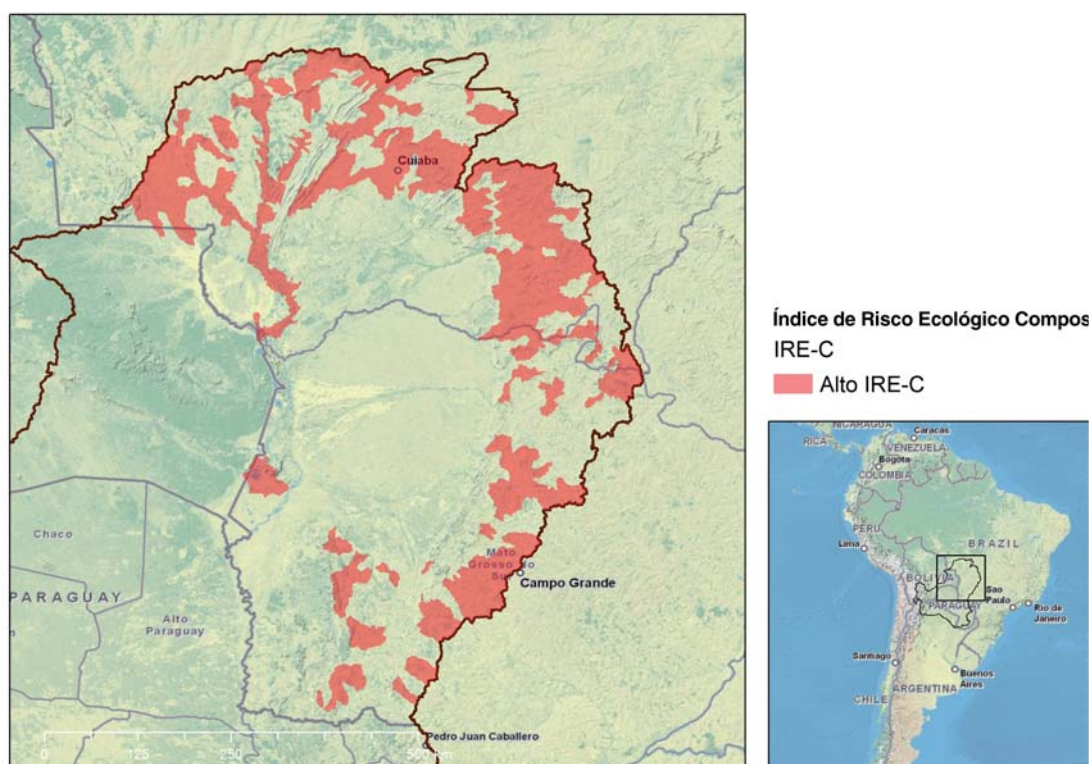


Figura 10. Mapa de IRE-C – Índice de Risco Ecológico Composto para as cabeceiras e tributários na região do Cerrado e bosque Chiquitano.

Como em toda a Bacia do rio Paraguai, os três grupos de estressores atuam nessa região. Embora de maneira geral eles estejam distribuídos equitativamente, o conjunto de estressores com maior contribuição para o IRE está relacionado aos impactos causados por infraestrutura e população (39%), em especial à densidade de estradas e pontes (Figura 11).

Estradas têm grande potencial de impacto sobre os recursos hídricos, principalmente as secundárias, não pavimentadas e abertas sem os cuidados técnicos necessários para evitar a erosão, o barramento ou alteração dos cursos d'água (Foto pág. 29). Estradas implantadas sem orientação técnica tendem a ser importantes vetores de transporte de sedimentos e contaminantes. Cruzamentos de estradas com cursos d'água seriam as áreas de maior pressão, por concentrarem a entrada de material nos cursos d'água.

Para a região das cabeceiras, no Cerrado, em algumas áreas as usinas hidrelétricas são um importante estressor de infraestrutura. No entanto, considerando a possível instalação de dezenas de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) na região, os impactos causados por elas poderão aumentar significativamente. Dados sobre PCHs planejadas não foram incluídos nessa análise, pois não estavam disponíveis para toda a área de estudo.

O segundo conjunto de estressores está atrelado às atividades econômicas, com destaque para a pecuária (23%) e agricultura (8%), (Figura 12). A pecuária é uma atividade econômica tradicional, tanto na região das cabeceiras quanto na planície pantaneira. No passado recente, havia uma relação mais intensa entre a pecuária dessas regiões, com rebanhos de cria e recria na planície e engorda no planalto, com deslocamento constante e sazonal de animais. Atualmente, com a melhoria das pastagens plantadas e genética dos rebanhos, a criação acontece inteiramente na região das cabeceiras, aumentando a quantidade de gado por hectare nestas pastagens.

Esse processo levou a um significativo aumento do rebanho nas últimas décadas, resultando em uma população bovina três vezes maior do que a população humana na área (IBGE, 2011). O impacto associado a essa atividade se deve em grande parte ao manejo incorreto do gado e das pastagens, como permitir

que os animais bebam diretamente nos cursos d'água e o sobrepastejo, levando a exposição do solo à ação erosiva das chuvas e conseqüentemente a sua degradação. O processo erosivo em larga escala resulta na sedimentação das águas e assoreamento dos rios e córregos.

A agricultura está localizada nas chapadas, mais planas, elevadas, com solos profundos e menos susceptíveis a erosão por conterem menor concentração de areia e maior concentração de silte e argila. Apesar dessa localização, a não adoção de práticas agrícolas adequadas de conservação do solo tem severos impactos sobre os recursos hídricos, principalmente na transparência da água. Os grãos de silte e argila, menores e mais leves que a areia, tendem a ser removidos com mais facilidade desses solos e ficam suspensos na água por mais tempo e por distâncias maiores. Esse fato dificulta o processo de fotossíntese nos corpos d'água, alterando a cadeia alimentar aquática.





© CARLOS PADOUNI/EMBRAPA

### Erosão de solo causada por estradas na sub-bacia do rio Paraguai.

Além disso, é comum no Brasil o uso indiscriminado de insumos agrícolas, como fertilizantes, inseticidas e herbicidas. A poluição e a contaminação de rios, córregos e lençol freático já são observadas em algumas áreas, possivelmente levando à perda de espécies sensíveis, aumentando a frequência de eventos de eutrofização devido à excessiva carga de nutrientes. Isso promove a proliferação de micro-organismos (especialmente cianobactérias) e compromete o abastecimento de água nos centros urbanos.

- Infraestrutura e população **39%**
- Atividades econômicas **34%**
- Degradação **27%**

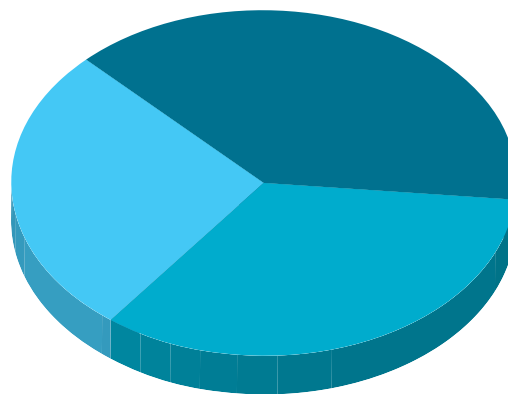


Figura 11. Contribuição dos estressores agrupados por categoria. Estressores detalhados na Tabela 4.



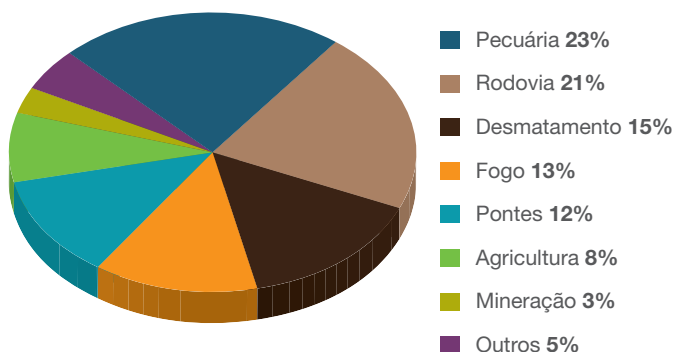


Figura 12. Contribuição dos estressores na região de cabeceiras do Cerrado ao IRE Total.

Também vale ressaltar o crescimento da suinocultura e da avicultura em áreas vizinhas à produção de soja e de milho. A previsão de crescimento da suinocultura no Mato Grosso é da ordem de 180% até 2020 (Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária – IMEA, 2010). O levantamento das empresas do setor mostra que o rebanho suíno cresceu 38%, entre 2008

e 2010. Já o crescimento da avicultura na região é da ordem de 7% ao ano. Tal crescimento é acompanhado da expansão da produção de soja e de milho para alimentação animal, o que implica em maior pressão sobre rios, nascentes e aquíferos.

O terceiro conjunto de estressores está diretamente relacionado à degradação ambiental,

como o desmatamento e as queimadas (Figura 12). Mesmo que em boa parte das vezes associados diretamente à agropecuária, possuem dinâmica própria, atrelada à especulação e posse da terra. Apesar da transformação da paisagem regional ter ocorrido de forma mais intensa nas décadas de 1970 e 1980, ainda hoje se observam taxas de desmatamento superiores a 1,5% ao ano, conforme o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (MMA, 2009).

Tal perda constante de ambientes naturais, associada à degradação provocada pela queima da vegetação nativa fora do regime natural, provoca impactos diretos e indiretos sobre os recursos hídricos, alterando a qualidade da água e facilitando processos erosivos.



## 2. Região de Mata Atlântica da Bacia do rio Paraguai

A área da Bacia do rio Paraguai originalmente coberta por Mata Atlântica é outra das regiões com sistemas hídricos sob forte risco de degradação (Figura 13). Ela tem ocupação antiga e alta fragmentação da paisagem, tanto pelos inúmeros núcleos urbanos, como por áreas de agropecuária voltadas à produção leiteira e monoculturas como a cana-de-açúcar. A Grande Assunção se destaca com mais de 2 milhões de habitantes e quase mil quilômetros quadrados, sendo o maior adensamento populacional da bacia.

Problemas relacionados à falta de infraestrutura para o abastecimento de água e tratamento de esgoto são comuns, como na maioria dos grandes centros urbanos da América do Sul (Figura 14). Vale ressaltar que cerca de 30% da água que abastece a Grande Assunção vem do Aquífero Patiño, cujo uso não controlado pode levar a uma gradual salinização do manancial (Foster & Garduño, 2002).

Nessa região, estão alguns dos Departamentos (Estados) com maior expressão econômica no Paraguai, apresentando uma rede de serviços que apoiam a produção regional. Em termos de infraestrutura, a existência da mais densa rede de estradas encontrada na bacia e, conseqüentemente, de pontes e cruzamentos com os eixos de drenagem, é o que mais traz impactos aos sistemas hídricos (Figura 15).

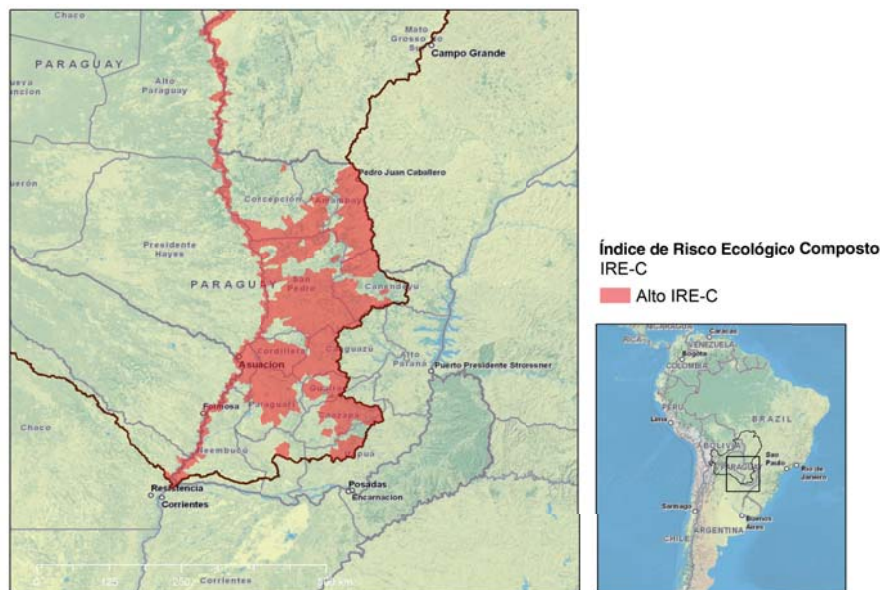


Figura 13. Mapa de IRE para a Grande Assunção e Mata Atlântica do Paraguai.





Assunção é também ponto de cruzamento de três eixos de desenvolvimento da chamada Iniciativa de Integração da Infraestrutura Regional Sul-Americana (IIRSA): a Hidrovia Paraguai-Paraná; o Eixo Inter-Oceânico Central, ligando Chile, Bolívia e Brasil; e o Eixo Capricórnio, com a ligação Assunção-Paranaguá. Nesse cenário, a infraestrutura de transporte tende a se intensificar e irradiar para outras regiões, principalmente para o Chaco.

A região concentra em torno de 56% das indústrias do Paraguai, principalmente de transformação de produtos primários agrícolas. São várias plantações e usinas de açúcar e álcool, esmagadoras de grãos, beneficiadoras de algodão e tabaco. A produção agropecuária é voltada ao abastecimento dos centros urbanos, com pecuária leiteira, produção de hortaliças e frutas.

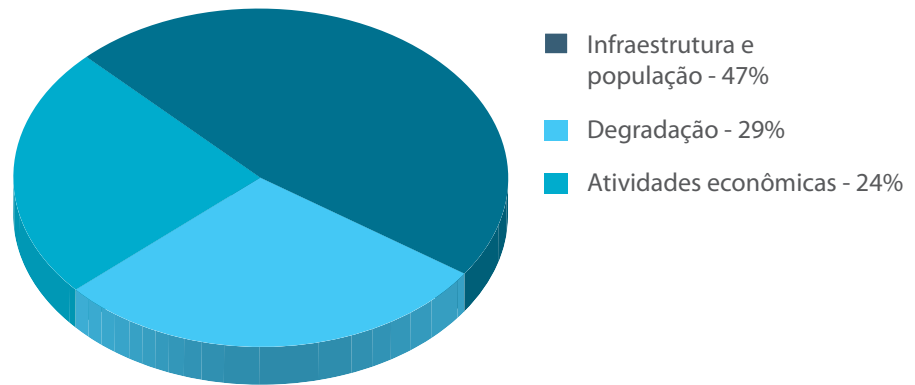


Figura 14 Contribuição dos estressores agrupados por categoria na região de cabeceiras do Cerrado ao IRE Total (Tabela 4).

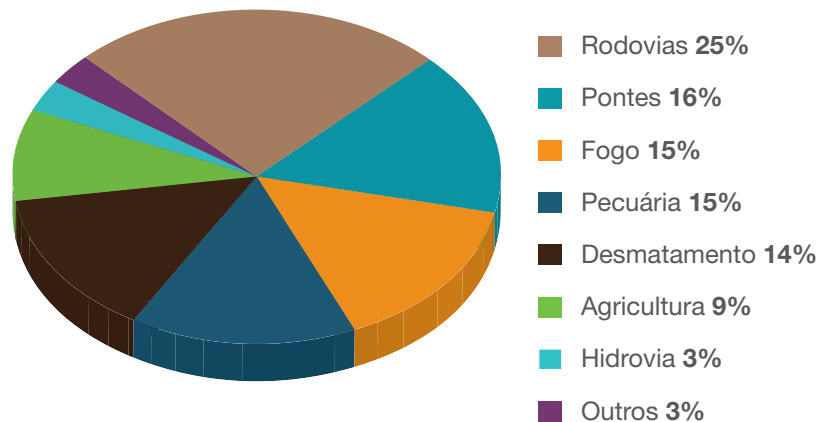


Figura 15. Contribuição dos estressores na região da Grande Assunção e Mata Atlântica no Paraguai ao IRE Total.



## 3. Eixo de desenvolvimento Salta - Jujuy

O eixo de desenvolvimento na região oeste da bacia, que se estende de Salta a Jujuy e segue em direção norte, adentrando a Bolívia e cruzando as cabeceiras de dois importantes tributários, Bermejo e Pilcomayo, é uma importante área de impacto dos sistemas hídricos do rio Paraguai (Figura 16). Ela faz parte do Eixo Capricórnio da IIRSA e tem como perspectiva, além do desenvolvimento regional, a integração com o Pacífico através do Eixo Inter-Oceânico Central, conectando Chile, Bolívia, Paraguai e Brasil.

Esses eixos cruzam os dois principais afluentes da margem direita do rio Paraguai, os rios Bermejo e Pilcomayo, áreas originalmente cobertas por florestas de altitude, conhecidas como Yungas, e vegetação chaquenha nas planícies. Na região, tradicionalmente ocupada por pecuária extensiva e exploração madeireira, aumenta rapidamente a produção agrícola e a extração de gás e petróleo.

Considerando o agrupamento dos estressores, os relacionados à infraestrutura são os mais relevantes (Figura 17), novamente com destaque para as estradas, ferrovias e pontes. Como citado, uma das metas da IIRSA é melhorar o transporte regional, com vários projetos de pavimentação e duplicação de estradas, bem como recuperação de ferrovias.

Além disso, imagens de satélite indicam uma recente proliferação de estradas secundárias na planície, associadas à expansão da agricultura. Por se tratar de área de fronteira

cortada por uma estrada transnacional, é de se esperar que nas próximas décadas se intensifique a instalação de infraestrutura atrelada ao aumento da população. Conseqüentemente, crescerá a pressão sobre os recursos naturais, notadamente os hídricos.

Quanto ao impacto das atividades sócioeconômicas, despontam plantios de cana-de-açúcar, tabaco, cítricos e hortaliças. As técnicas de cultivo podem ser classificadas em dois tipos: plantios mais tradicionais em terrenos férteis nos vales e em grandes extensões irrigadas na planície, em franca expansão. A intensificação da atividade agrícola leva ao aumento do uso de insumos e da potencial contaminação das águas superficiais ou subterrânea. Já há registros de contaminação na Bacia do Pilcomayo e em vales do Bermejo (LIDEMA, 2010).

A pecuária também está mudando de perfil. Tradicionalmente, era manejada de

forma extensiva, usando sazonalmente áreas de pastagens na planície ou nas montanhas. Hoje, observa-se a expansão de pastagens plantadas em grandes propriedades na planície.

Vale ressaltar que a região é uma importante produtora de gás e petróleo. Apesar de ser uma atividade pontual, tanto a exploração como a prospecção devem ser consideradas importantes fontes de impacto. Além da abertura de trilhas na prospecção, que facilitam a exploração madeireira, a

dessalinização do petróleo produz enormes quantidades de água contaminada com hidrocarbonetos e compostos químicos, como o  $\text{SO}_2$  e  $\text{SH}_2$ . Em quantidade de apenas 0.01 partes por milhão (PPM), tornam a água imprestável ao consumo humano.

Estudos sobre o status de conservação ambiental da Bolívia (LIDEMA, 2010) alertam que na região a contaminação por componentes orgânicos é severa em áreas de prospecção e de extração de petróleo e de gás. Tais contaminantes são de

baixa solubilidade e sua degradação é apenas parcial, podendo formar compostos ainda mais tóxicos. Com um regime de chuva muito concentrado, o processo de dissolução desses materiais apresenta risco de contaminação dos cursos d'água.

Entre os estressores que provocam degradação, o fogo é uma grande fonte de impacto regional. Sua ocorrência está em grande parte associada à pecuária, pois é tradicionalmente usado para a renovação de pastagens (Figura 18).



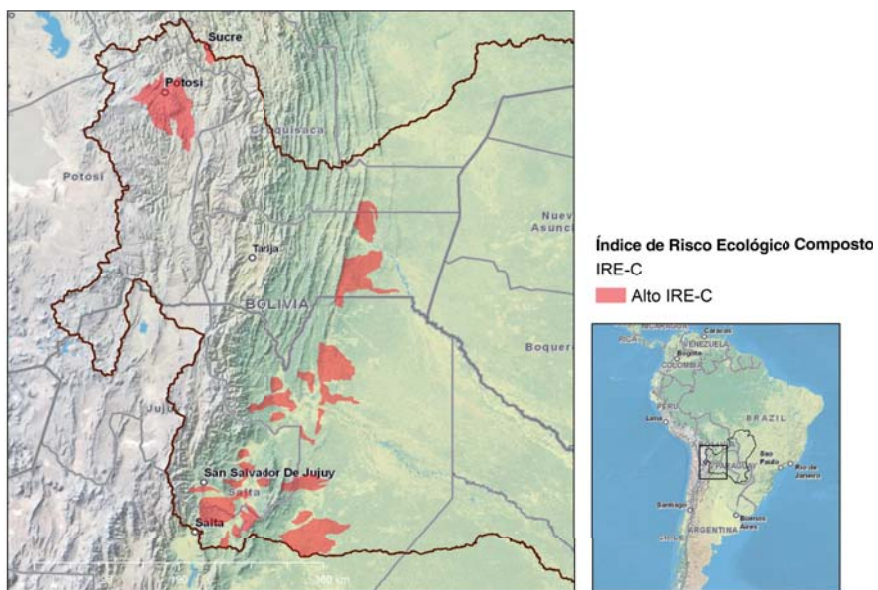


Figura 16. Mapa de IRE para a Grande Assunção e Mata Atlântica do Paraguai.

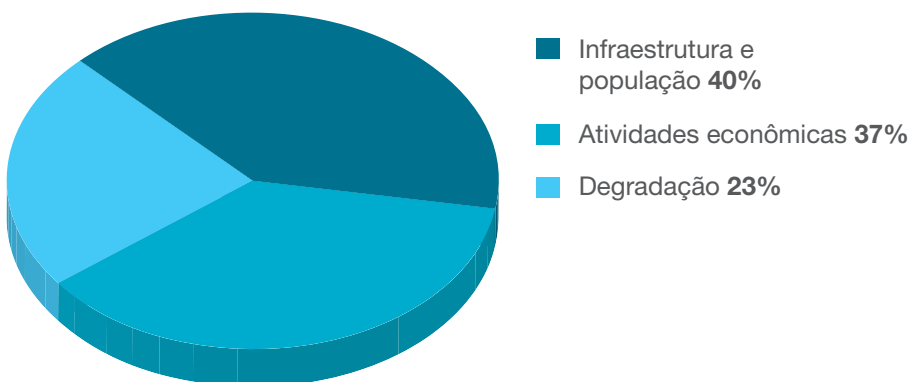


Figura 17. Contribuição dos estressores agrupados por categoria na região de Jujuy e Salta.

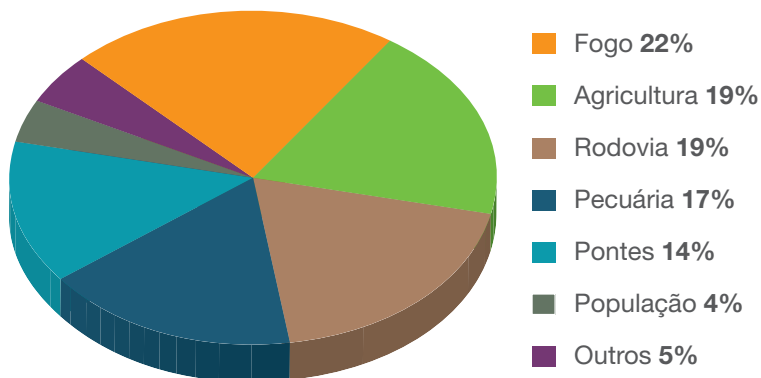


Figura 18. Contribuição dos estressores, região de Jujuy e Salta. Estressores detalhados na Tabela 4.

## 4. Puerto Suarez e Vale do Tucavaca

Localizada próxima à fronteira brasileira no sentido de Santa Cruz, ao longo do vale do rio Tucavaca (Figura 19), a região também possui altos índices de risco ecológico. O Tucavaca é um dos principais formadores da porção sul do pantanal boliviano, fornecendo grande volume de água ao rio Paraguai. O Tucavaca nasce em áreas de bosque chiquitano e corre quase paralelo às antigas ferrovia e rodovia que ligam Corumbá (Brasil) a Santa Cruz de La Sierra (Bolívia).

Com um dos mais baixos Índices de Desenvolvimento Humano (IDHs) da Bolívia, a região apresenta um gradual incremento de atividades econômicas ambientalmente degradantes, atreladas principalmente à demanda crescente por madeira e carvão do mercado brasileiro e à instalação de empreendimentos de mineração. Também é considerada no planejamento do eixo de desenvolvimento Inter-Oceânico Central da IIRSA, que visa a melhorar a conexão entre Santa Cruz, Puerto Suárez e Corumbá e, a partir daí, a ligação entre os oceanos Pacífico e Atlântico.

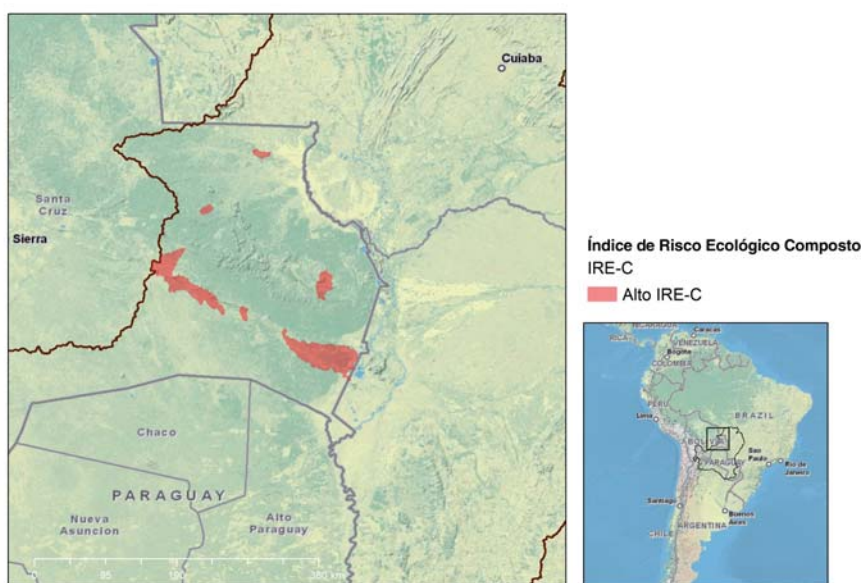


Figura 19: Mapa de IRE para as regiões de Puerto Suarez e Vale do rio Tucavaca.

As análises de risco (Figura 20) indicam que a pecuária, associada a desmatamentos e queimadas, são as principais fontes de estresse para os recursos hídricos (Figura 21). A pecuária regional é tradicionalmente extensiva e usa fogo na renovação de pastagens. A intensificação do desmatamento ocorre para atender a demanda de madeira e carvão de siderúrgicas no Brasil.

Essa tendência do aumento nos desmatamentos pode crescer com a instalação de mineração e siderurgia no lado boliviano. O governo vizinho já reconhece a importância de regular a exploração madeireira na Floresta Chiquitana. De acordo com o Informe de Desenvolvimento Humano da Bolívia, o bosque chiquitano tem vocação para a exploração florestal, mas

atualmente essa atividade ocorre de forma predatória, sem técnicas de manejo florestal (PNUD, 2009).

Esse ataque sobre as florestas acarreta efeitos negativos sobre as águas, pois, além da perda de cobertura vegetal com seus consequentes problemas de erosão, assoreamento e mudanças na infiltração e escoamento superficial,



tais áreas poderão suprir a demanda por terra da pecuária, piorando o cenário. Apesar do corredor Santa Cruz – Puerto Suarez contar com um plano de proteção ambiental, o mesmo se encontra apenas parcialmente implantado, com poucos resultados concretos para a redução

dos impactos na região (Arkonada & Laats, 2009).

Apesar da mineração não aparecer como um dos principais estressores, os riscos da atividade tendem a aumentar. Existem três polos de desenvolvimento regional da mineração: o projeto de Mutum, na região do maciço

do Urucum; Rincón Del Tigre; e no vale do Tucavaca. Essas atividades trazem riscos diretos e indiretos aos sistemas hídricos. O projeto de mineração e siderurgia de Mutum, por exemplo, está utilizando grandes volumes de água, colocando em risco a Laguna Cáceres (LIDEMA, 2010).

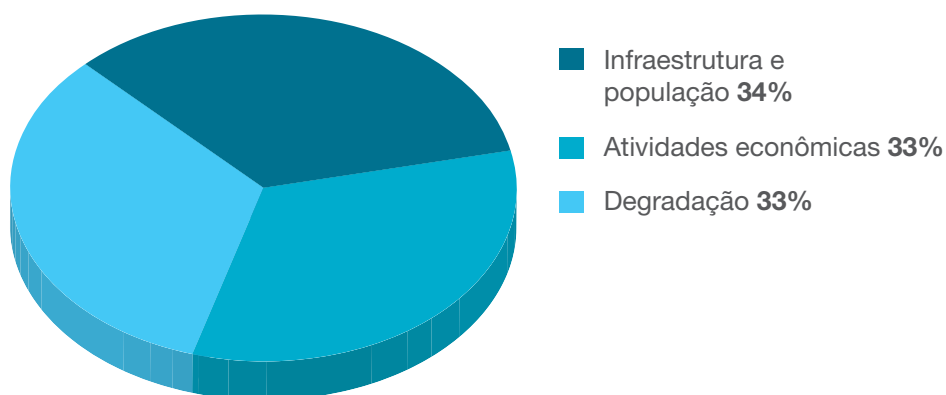


Figura 20. Contribuição dos estressores agrupados por categoria, região de Puerto Suarez e vale do Tucavaca.

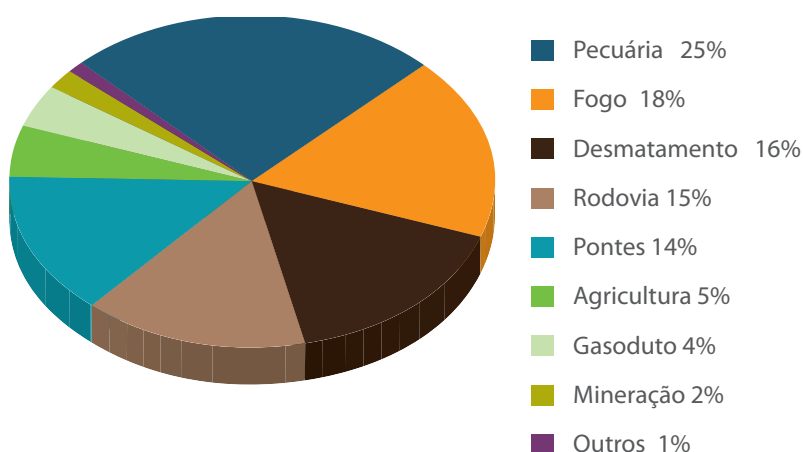


Figura 21. Contribuição de cada estressor para a região de Puerto Suarez e vale do Tucavaca.

# Discussão e recomendações

A área central da bacia, composta pelo Pantanal e pelo Chaco Seco, apresentou baixo risco ecológico. Entretanto, o processo de inundação da região e a interdependência entre planalto e planície evidenciam que a situação é muito dinâmica sob a perspectiva hidrológica. Pelo alto risco detectado no planalto, o efeito cascata de transferência de impactos a jusante levará a planície inundável a apresentar alto risco proporcionalmente.

É importante avaliar os mapas no tempo e no espaço e não como uma informação estática. Sob essa perspectiva, a Bacia do rio Paraguai apresenta alto risco ecológico potencial, requerendo ações urgentes e prioritárias de proteção das cabeceiras. Entretanto, a gestão e o cuidado

com a bacia devem ser conduzidos de forma integrada, com ações de conservação efetivas no planalto e na planície.

Por ser o Pantanal uma planície inundável alimentada pelos sistemas de cabeceiras nos planaltos e chapadões adjacentes, as áreas de alta contribuição

hídrica (water towers) deveriam ser priorizadas em planos de conservação da bacia. Entretanto, nota-se que há uma sobreposição considerável entre as áreas de média e alta contribuição hídrica com as áreas de risco ecológico (Figura 22).

A proteção das áreas de média e de alta

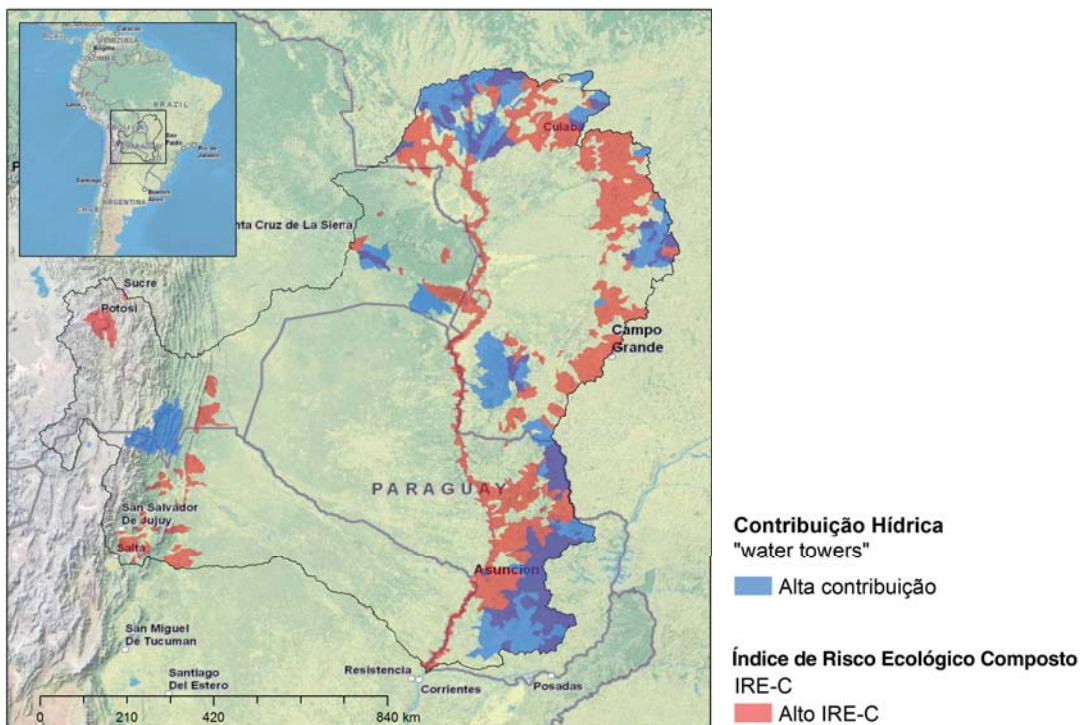


Figura 22. Sobreposição das áreas de risco ecológico da Bacia do rio Paraguai com as áreas de média e alta contribuição hídrica.



contribuição hídrica no planalto é essencial para a manutenção do pulso sazonal de inundação no Pantanal. Considerando os cenários futuros de mudanças climáticas, medidas de adaptação que aumentariam a resiliência da bacia são a manutenção do pulso de inundação e da conectividade entre planalto e planície, bem como a proteção das cabeceiras.

Por isso, o WWF-Brasil e várias instituições parceiras criaram o Movimento pelas Águas do Cabaçal e vêm desenvolvendo um projeto de recuperação de nascentes e de combate à erosão na Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal, região de alta contribuição hídrica ao Pantanal, no Mato Grosso.

A TNC também desenvolve o projeto demonstrativo Cerrado Sustentável na bacia do rio São Lourenço, um dos principais tributários do rio Paraguai e com importante contribuição na carga de sedimentos carreada para o Pantanal.

Outro projeto em desenvolvimento pela TNC foca na proteção do Pantanal e está sendo implementado em parceria com o CPP – Centro de Pesquisa do Pantanal. Nele serão realizados diversos estudos técnicos bem como ações de engajamento social. Os resultados deste projeto servirão para embasar as ações de conservação e desenvolvimento sustentável na região, incluindo ações baseadas em ecossistemas

para adaptação às mudanças climáticas.

O WWF-Bolívia, juntamente com parceiros estratégicos, vem coordenando esforços de ordenamento territorial por meio dos planos de desenvolvimento municipais sustentáveis em regiões de grande contribuição hídrica à Bacia como um todo, como a Bacia do Correroca e Curichi Grande.

## O Movimento pelas águas do Cabaçal

O Movimento pelas Águas do Cabaçal foi criado no fim de 2008, fruto de uma expedição ambiental aos “arcos das nascentes” do Pantanal, em Mato Grosso. Na época, o WWF-Brasil e instituições parceiras realizaram um diagnóstico da situação ambiental das nascentes. A sub-bacia do rio Cabaçal é extremamente importante, não só pelo alto potencial erosivo de seus solos frágeis, mas também pela riqueza de águas superficiais, mananciais e nascentes de grande beleza cênica e importância ecológica. A bacia do Cabaçal é um dos principais alimentadores da planície pantaneira, uma área de alta contribuição hídrica (*water tower*).

A mobilização social e política, bem como o grau de engajamento da população da bacia nas questões ambientais, foram aspectos importantes para o início do movimento.

O WWF-Brasil, juntamente com a Universidade do Estado do Mato Grosso (Unemat), a Agência de Extensão Rural do Mato Grosso (Empaer), Prefeitura do município de Reserva do Cabaçal, Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Econômico, Social, Ambiental e Turístico do Complexo Nascentes do Pantanal e escolas locais estabeleceram uma aliança e consolidaram o movimento.

Hoje, após dois anos de atuação, o movimento tem gerado transformações no município. A Educação Ambiental alcançou cerca de 60% da população, entre estudantes, poder público e outros cidadãos. No ambiente de ensino, capacitou 75 professores de duas escolas públicas municipais e uma estadual, atingindo alunos do ensino infantil, fundamental e médio, além de universitários da região. Envolveu a Câmara de Vereadores com palestras e oficinas de teatro. Também atuou diretamente com os cidadãos. Por exemplo, com um professor de Educação

Física que passou a realizar trabalhos com reciclagem de resíduos sólidos.

Todo esse movimento resultou na mobilização dos produtores rurais, com cerca de 50 envolvidos em atividades e oficinas sobre recuperação de nascentes e desenvolvimento da pecuária orgânica.

Foi eleita como ação demonstrativa a recuperação do córrego Dracena, pequeno tributário do rio Cabaçal, onde produtores podem conhecer técnicas de recuperação do solo e de nascentes. Lá já foram plantadas 6 mil mudas em 12 nascentes, e





© WWF-BRASIL/ADRIANO GAMBARINI

uma grande voçoroca está sendo recuperada (foto), tudo apoiado por um viveiro de mudas. Mulheres em situação de risco social foram capacitadas para a produção de redes de crochê e foram envolvidas nos esforços de recuperação das erosões por meio da confecção de telas e de redes para contenção. Em troca, recebem cestas básicas da Prefeitura.

O movimento agora está sendo ampliado e replicado para outras sub-bacias no arco das nascentes. Os esforços envolvem:

- Uma publicação com as lições aprendidas no Cabaçal ressaltará técnicas de recuperação de áreas degradadas com baixo custo e incorporação de soluções locais;
- Capacitação de membros de outros municípios sobre as técnicas de recuperação ambiental adotadas na microbacia do Dracena;
- Promoção de visitas técnicas e de dias de campo para produtores rurais.

# O Projeto Cerrado Sustentável

© MARCI EGGERS/TNC



contribuição na carga de sedimentos carregada para o Pantanal, em virtude dos usos antrópicos, principalmente a pecuária, tornando-se prioritárias as ações que reduzissem este impacto.

A equipe de campo da TNC envolveu os parceiros locais, o que foi fundamental e estratégico para o sucesso do projeto, pois tinham uma base técnica consolidada, boa capacidade operacional, credibilidade junto aos produtores rurais (o que facilitou o cadastramento das propriedades rurais) e forte poder de mobilização e sensibilização do setor produtivo na adesão aos processos de regularização das reservas legais e áreas de preservação permanente, assim como na adoção de boas práticas agrícolas.

Os principais resultados alcançados foram:

- Mapeamento e cadastramento de mais de 2.000 propriedades rurais;
- Identificação de passivos ambientais com o emprego de tecnologias de última geração e imagens de satélite;
- Discussão técnica dos processos de regularização ambiental;

- Desenvolvimento de ferramentas de regularização ambiental mais eficazes e com menores custos ao produtor rural;
- Início do programa de melhores práticas para a pecuária em cinco municípios da região, com objetivo de melhorar a produção sem agredir o meio ambiente;
- Disponibilização aos produtores rurais de tecnologias inovadoras de recuperação de matas ciliares.

Com essa experiência, a TNC avança na Bacia do rio São Lourenço, onde em breve será executado o projeto de pagamentos por serviços ambientais Produtor de Água, junto com parceiros. O trabalho na bacia também levou a outros resultados em Mato Grosso, no Pará e na Bahia. No município de Lucas do Rio Verde (MT), a TNC mapeou todas as propriedades rurais, num total de 360.000 hectares, promovendo a regularização das reservas legais, a preservação das áreas de preservação permanente (APPs) e as boas práticas agrícolas. Graças a esse trabalho, o município se tornou o primeiro no país completamente coberto pelo Cadastro Ambiental Rural.

O Projeto Cerrado Sustentável na Bacia do rio São Lourenço, em Mato Grosso, faz parte da Aliança dos Grandes Rios, uma iniciativa da TNC e de parceiros para proteger os grandes rios do planeta. O trabalho começou em quatro importantes bacias hidrográficas: Paraguai (da qual a bacia de São Lourenço faz parte) e Paraná, na América do Sul; Mississipi, nos Estados Unidos; Yangtze, na China e Zambeze, na África. Os trabalhos no Brasil começaram em 2006.

Na Bacia do rio São Lourenço, a TNC testou uma metodologia de regularização de reservas legais com dois objetivos básicos: reduzir custos para a regularização de reserva legal e restauração de áreas de proteção permanente (APP); aprimorar a eficiência do controle e do monitoramento da cobertura vegetal da região. A bacia do São Lourenço foi escolhida por ter uma importante



## Análise de vulnerabilidade e ordenamento territorial na Bolívia

A análise de vulnerabilidade permitiu identificar as bacias mais vulneráveis na porção boliviana da Bacia do rio Paraguai. Duas delas são chaves para a conservação do fluxo hidrológico da parte sul do Pantanal boliviano: Tucavaca e Cáceres. Assim como as bacias de Correreca e Curichi Grande, que proveem de água o norte do Pantanal.

Mesmo que as bacias estejam legalmente sob as categorias de áreas protegidas, municipal no caso de Tucavaca, e nacional no caso de Cáceres, dentro da área protegida Otuquis, e Área Natural de Manejo Integrado San Matías, no caso da bacia do Correreca e Curichi Grande, sua conservação está em risco, principalmente pela falta de um planejamento integral do desenvolvimento que inclua planos de uso do solo, mas também pela expansão crescente da fronteira agrícola e exploração de carvão vegetal.

Os dados da análise de vulnerabilidade constituem um argumento contundente sobre a necessidade de se conservar essas bacias, não só pela biodiversidade que abrigam, mas também pelos serviços ambientais que proveem para a população

local e atividades econômicas regionais, principalmente pela concentração e distribuição de água.

No município de San Matías, na bacia do Correreca e Curichi Grande, o WWF trabalha na elaboração de um plano de desenvolvimento municipal, onde identificou, por meio da análise de vulnerabilidade, a necessidade de incluir estratégias de adaptação e de gestão de riscos nesta ferramenta de planejamento. Assim, incluir esses itens, inclusive no plano de ordenamento territorial municipal, facilitará sua implantação autônoma pelos municípios por meio de investimentos públicos,

respeitando os direitos de posse e uso.

Neste processo, são fortalecidas as capacidades locais para a elaboração e posterior aplicação dessa ferramenta de planejamento, assim como se produz e se agrega informação técnica e social, de maneira que as linhas estratégicas de desenvolvimento do município se sustentem nos pilares do desenvolvimento sustentável, na adaptação e mitigação das mudanças do clima e na valorização dos costumes e saberes de povos e comunidades indígenas que vivem na região, como Chiquitana e Ayoreo.

© WWF-BOLÍVIA/VICTOR MAGALLANES





# Protegendo o Pantanal – a maior área úmida do planeta

A The Nature Conservancy e o Centro de Pesquisa do Pantanal (CPP) estão trabalhando em um projeto para a proposição de ações para a conservação dos ecossistemas de água doce na bacia do rio Paraguai, com ênfase na proteção do Pantanal.

As áreas de atuação serão definidas usando a Análise de Risco Ecológico como um dos seus principais insumos, configurando-se como uma importante aplicação desta abordagem e demonstrando a sua eficácia para a elaboração de portfólios de conservação.

Este projeto tem tanto um caráter técnico-científico, com estudos de alta complexidade, como também um aspecto de amplo engajamento social. Nestas duas linhas o trabalho se beneficiará das ações do Projeto SINERGIA conduzido pelo CPP e que objetiva envolver ciência e sociedade nos desafios do gerenciamento dos recursos hídricos no século 21 no contexto da mudança climática, tendo como área de ação a bacia do rio Paraguai.



O plano de trabalho está composto de 6 atividades principais:

1. Levantamento, obtenção, organização e compartilhamento de dados e informações
2. Engajamento de Atores
3. Aplicação da abordagem de Limites Ecológicos da Alteração Hidrológica (ELOHA - Ecological Limits of Hydrological Alteration) para a Bacia do rio Paraguai
4. Operação Ecológica de Reservatórios
5. Detalhamento dos Sistemas Ecológicos Aquáticos na Bacia do Alto Paraguai
6. Contabilização e avaliação da sustentabilidade da Pegada Hídrica dos empreendimentos hidrelétricos na Bacia do Alto Paraguai

Os resultados deste trabalho serão disponibilizados para toda a sociedade através de relatórios e publicações, contribuindo para a tomada de decisão em relação às ações de conservação e também de desenvolvimento econômico sustentável da região da bacia do Alto Paraguai. Os estudos também fornecerão insumos para a análise das ações baseadas em ecossistemas necessárias para adaptação às mudanças climáticas.



Esses projetos são considerados como ações de adaptação “sem arrependimento” (*no regret*)<sup>4</sup>, pois independente de qualquer avaliação de risco e vulnerabilidade às mudanças climáticas, os esforços de proteção de nascentes, recuperação de áreas degradadas, formação de corredores ecológicos e ordenamento territorial, garantem a resiliência da própria bacia.

No caso do Chaco Seco, a área é mesmo pouco povoada devido às condições de escassez de água, fator limitante para a ocupação humana em larga escala. Também é a região com maiores extensões de áreas protegidas (Figura 23).

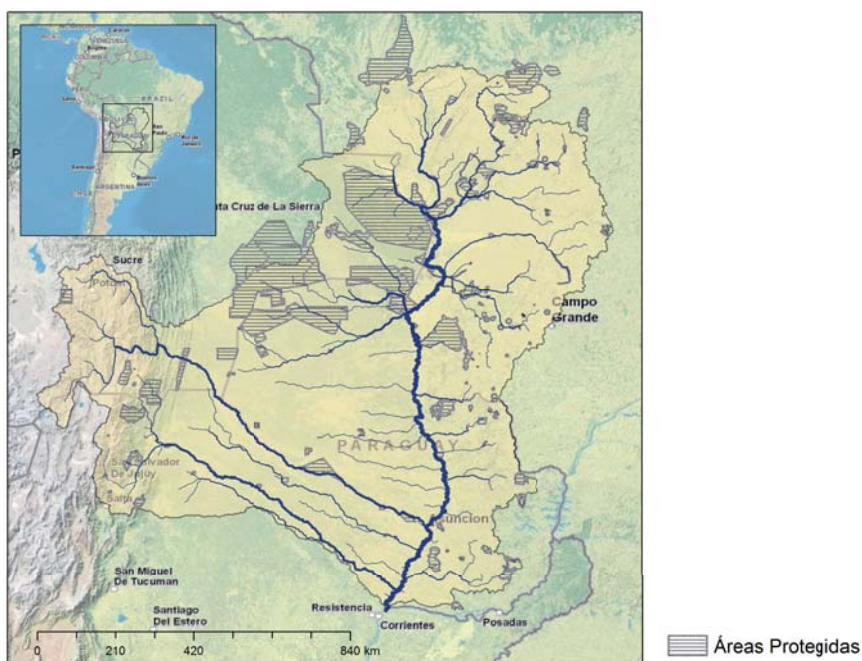


Figura 23. Áreas protegidas na Bacia do rio Paraguai.

Ao contrário, as áreas de maior risco são as que possuem menor número de áreas protegidas. Além do número insuficiente, as existentes carecem de conectividade entre si para viabilizar o fluxo gênico das populações, incrementar a diversidade genética regional e a resiliência frente às mudanças climáticas (Figura 24). Segundo Combes, S. in Hansen, L. J. Biringner, J. L. & Hoffman, J. R. (2003), a conectividade natural é uma medida de adaptação de ecossistemas às mudanças climáticas também por viabilizar rotas migratórias para acesso a refúgios térmicos para algumas espécies.

4 Ações de adaptação “sem arrependimento” (do Inglês *no regret*) são aquelas medidas que se tomadas, aumentam a resiliência da bacia hidrográfica ou de quaisquer sistemas ecológicos, geopolíticos ou sócio-econômicos e reduzem sua vulnerabilidade aos efeitos do aquecimento global. De forma geral, as medidas de adaptação são identificadas por meio de um processo sistemático de avaliação das vulnerabilidades. No entanto, como em muitos casos há limitações de ordem técnica ou financeira para se desenvolver uma análise de vulnerabilidade, algumas medidas podem ser implementadas previamente sem uma avaliação sistemática de vulnerabilidades pelo seu reconhecido potencial em aumentar a resiliência de um sistema. A proteção de nascentes e a manutenção da conectividade de ecossistemas aquáticos é um exemplo de ação “sem arrependimento” de adaptação em bacias hidrográficas.



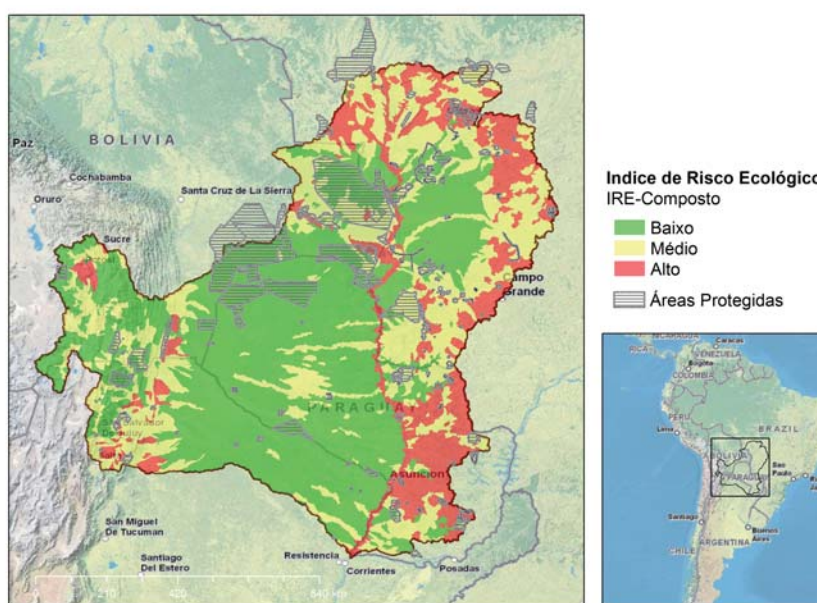


Figura 24. Cruzamento entre as áreas protegidas e áreas de risco ecológico na Bacia do rio Paraguai.

A criação de áreas protegidas públicas ou privadas e a implantação de medidas de conservação em terras privadas são essenciais para garantir a conectividade entre os blocos protegidos já existentes e garantir a resiliência dos ecossistemas. Considerando ecossistemas aquáticos, o desenho das áreas protegidas deve considerar áreas importantes para a manutenção dos ciclos hidrológicos, como áreas de recarga de aquíferos, nascentes e mananciais. Apenas polígonos de

proteção não são suficientes para a preservação dos ecossistemas aquáticos.

Os processos ecológicos, nesse caso, são vitais, como a manutenção da qualidade das águas, regime hidrológico natural e conectividade. No caso da conectividade recomenda-se a manutenção de corredores ecológicos formados pelas matas ciliares (conectividade longitudinal) e a ligação entre a calha do rio com as planícies de inundação e lagoas marginais (conectividade lateral).

Outro fator de estresse que coloca em risco a conectividade da bacia são as hidrelétricas. Nesse estudo, o estresse provocado pelas hidrelétricas pode ter sido subestimado nos mapas, pois mostra apenas os impactos locais e não o efeito propagador ao longo dos rios. O Pantanal tem 115 barramentos previstos para a próxima década: a maioria (75%) de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) (Calheiros et al. 2009).

A princípio, as PCHs geram impactos ambientais menores do que usinas hidrelétricas de grande porte, como a UHE

de Manso (no rio Manso), tributário do rio Cuiabá, pois têm menor capacidade de armazenamento da água e de regulação das vazões. Por outro lado, o efeito cumulativo de várias PCHs na dinâmica hidrológica da planície pantaneira é ainda desconhecido. Há de se avaliar de forma integrada como se darão tais impactos e quais alternativas são viáveis para contorná-los.

Recomenda-se aplicar uma ferramenta que avalie o efeito propagador dos impactos de grandes, médias e pequenas hidrelétricas ao longo do curso d'água como um todo.

Caso contrário, esse impacto permanecerá subestimado, evidenciando impactos locais. Também se recomenda incluir dados sobre PCHs na análise. Segundo Calheiros et.al. (2009), aspectos de prevenção dos impactos de barramentos no Pantanal incluem esforços de modelagem hidrológica, de avaliação ambiental integrada para se verificar os impactos de forma conjunta no recorte de toda a bacia, e de prescrição de vazões ambientais de forma a quantificar as perdas e ganhos no médio prazo da alteração do pulso sazonal de inundação do Pantanal.



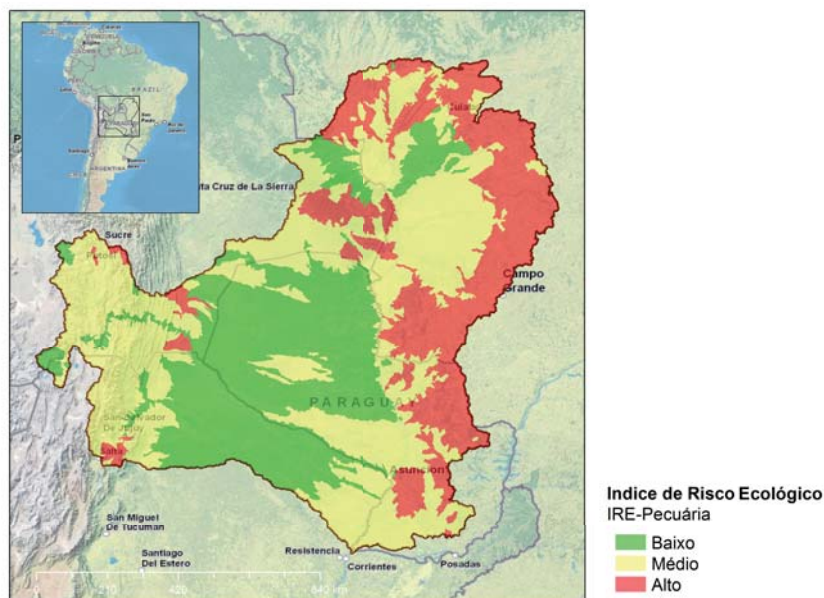


Figura 25. Mapa de risco (IRE-T) da pecuária na Bacia do rio Paraguai.

Da mesma forma, os dados de agricultura apenas consideraram a produção de larga escala, não observaram a produção local de pequena escala. Talvez ela seja realizada com menos tecnologia e mais impactos no solo e água. Daí a importância de levantar essa base de informações e inseri-la em uma revisão deste estudo.

A pecuária aparece como um dos principais estressores da bacia, principalmente no planalto, onde está a vegetação de Cerrado. O mapa de risco da pecuária mostra isso claramente (Figura 25). A criação extensiva no Cerrado ainda carece de apoio técnico, extensão rural e de incentivos econômicos. Há tecnologia disponível, entretanto, ela não chega ao produtor com o sucateamento das agências de extensão rural.

Muitos bancos financiadores já estão mudando suas políticas de fomento e crédito rural, procurando incorporar critérios ambientalmente sustentáveis para a liberação de recursos à agropecuária. Isso ainda é recente, mas um passo importante para melhorar os impactos da atividade pecuária.

No caso da Bacia do rio Paraguai, diante de sua grande fragilidade hidrológica e de sua importância econômica em termos de produtividade (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul possuem os maiores rebanhos bovinos do Brasil), ela necessitaria de uma política efetiva de extensão rural e de melhores práticas pecuárias, tais como conservação de água e solo, manejo e recuperação de pastagens e integração lavoura-pecuária (BPA/ Embrapa/WWF, 2011).



# Conclusão

O método de estimativa de risco ecológico, como proposto por Mattson & Argermeier (2007), embora semiquantitativo, quando associado a um SIG mostrou-se uma ferramenta importante para planejamento, que pode ser aplicada de forma participativa e facilmente replicada em outras regiões.

Sendo construída sobre uma base digital de dados, que pode ser facilmente corrigida e atualizada, mais importante do que um mapa de riscos, torna-se um portal dinâmico. Assim, pode ser acessado via Internet, e, ao identificar problemas e conflitos, fornece, de forma prática e objetiva, informações de qualidade aos gestores e tomadores de decisão de diferentes áreas, possibilitando uma gestão mais efetiva dos recursos naturais.

© WWF-BRASIL/ADRIANO GAMBARINI



A análise de risco ecológico é uma primeira etapa da análise de vulnerabilidade do Pantanal às mudanças climáticas. Conforme já observado, para se desenhar cenários de mudanças climáticas para uma bacia é necessário inicialmente identificar e avaliar os estresses atuais (não climáticos). Posteriormente, deve-se projetar as informações dos modelos climáticos globais ou da variabilidade climática para verificar quais estresses atuais serão mais ou menos intensos no futuro e também onde e como ocorrerão tais estresses. Assim, é possível identificar e implantar ações efetivas de adaptação.

Portanto, um passo essencial nessa direção será complementar os resultados desse trabalho com uma análise de cenários de mudanças climáticas para a bacia. Tais cenários serão realizados conjuntamente com a comunidade científica e principais atores, como governos, iniciativa privada e sociedade civil organizada.

Além disso, serão realizadas as análises de vulnerabilidade sócioeconômica e político-institucional, para formar o tripé com a análise de vulnerabilidade ecológica aqui apresentada. A análise sócio-econômica deverá avaliar a vulnerabilidade dos habitantes da bacia, de comunidades indígenas, pescadores tradicionais e produtores rurais, até os grandes setores econômicos, como navegação, turismo, pesca, agricultura, pecuária, entre outros. Serão traçadas recomendações para cada

setor econômico e comunidade, que irão compor o plano de adaptação às mudanças climáticas.

A análise de vulnerabilidade político-institucional já está sendo desenvolvida, onde estão sendo avaliados os critérios de boa governança das águas e da gestão integrada de recursos hídricos por meio de indicadores de gestão regional. Aspectos como a existência de fóruns, colegiados ou comitês de bacia, a presença ou ausência de órgãos de gestão dos recursos naturais e das águas nos níveis estaduais e municipais, espaços de participação social, estágio de implantação de programas e projetos dos governos, grau de capacidade técnica dos governos dos estados e municípios, são apenas alguns exemplos de indicadores de resiliência político-institucional.

A premissa por trás disso é que, com a existência de um “tecido social” consistente, participativo e ativo, além de governos bem preparados, capacitados e bem equipados, os efeitos das mudanças climáticas ocorrerão de forma menos dramática na bacia. Essa vertente político-institucional também será parte integrante do plano de adaptação.

A TNC desenvolverá um portfólio de conservação para a Bacia do rio Paraguai com a identificação de áreas e ações prioritárias de conservação, com base nos princípios do Planejamento Sistemático da



Conservação. Esse esforço, denominado em inglês de “Blueprint”, também inicia com o mapeamento dos riscos e vulnerabilidades da bacia para posteriormente gerar o mapeamento da biodiversidade. Para cada área prioritária, será realizado um diagnóstico do status de conservação, análise de lacunas e traçadas metas e ações prioritárias, como a criação de unidades de conservação ou a recuperação de áreas degradadas.

Nota-se, portanto, que tais esforços são distintos, porém complementares. Daí a importância de se consolidar parcerias estratégicas como essa. No caso do Centro de Pesquisa do Pantanal, os resultados de todos os nove subprojetos de pesquisa do Projeto Sinergia serão sistematizados e integrados, formando um plano de ação para combater os efeitos das mudanças climáticas no Pantanal. Certamente integrará todos os resultados das análises de vulnerabilidade ecológica, sócioeconômica e político-institucional,

bem como do Blueprint, rumando à implantação de todos esses estudos, interesse maior dos parceiros envolvidos nessa publicação.

Finalmente, os resultados desses estudos serão publicados e comunicados amplamente, visando subsidiar políticas públicas nos níveis municipal, estadual, federal e internacional, para que os mesmos sejam incorporados nas políticas e instrumentos de conservação e mudanças climáticas da região.

Juntos, WWF, TNC e CPP trabalharão para apoiar os órgãos tomadores de decisão a trabalhar em prol da conservação da biodiversidade dessa importante bacia e prepará-la para o futuro incerto imposto pelas mudanças climáticas. O Pantanal é, e continuará sendo, um refúgio importante para várias espécies e uma reserva estratégica de água doce, um recurso que se tornará ainda mais escasso no futuro.





# Referências

- Abell, R. et.al. 2008. Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. *BioScience*, 58 (5): 403-414. [May 2008]
- Arkonada & Laats, 2009. El Caso de La Carretera Puerto Suarez – Santa Cruz.
- BPA/EMBRAPA/WWF, 2011. Conservando Água e Solo: pecuária de corte no Cerrado. 1ª edição. Brasília, 2011.
- Calheiros, D. F. et al. 2009. Influências de usinas hidrelétricas no funcionamento hidro-ecológico do Pantanal Mato-Grossense: recomendações [recurso eletrônico] / Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC102.pdf>
- Combes, S. 2003. Protecting Freshwater Ecosystems in the Face of Global Climate Change. In Hansen, L. J., J. L. Biringer, and J. R. Hoffman. 2003. *Buying Time: A User's Manual for Building Resistance and Resilience to Climate Change in Natural Systems*. Island Press: Washington, D.C.
- Fitzhugh, T. W. 2005. GIS Tools for Freshwater Biodiversity Conservation Planning. *Transactions in GIS*, 9:247-263.
- Foster, S. & Garduño, H. 2002 Paraguay: El uso de Água subterrânea en Gran Asuncion – Problemas Actuales y Regulación Proposta – Colección de Casos Esquemático 3, Gestion Sustentable Del Agua Subterranea, GW-Mate, Banco Mundial. Disponível em [www.worldbank.org/gwmate](http://www.worldbank.org/gwmate)
- IMEA (2010). Projeções para produção agropecuária em Mato Grosso. ([http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/2010\\_02\\_04\\_Paper\\_Previsao\\_de\\_Producao\\_Mato\\_Grosso.pdf](http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/2010_02_04_Paper_Previsao_de_Producao_Mato_Grosso.pdf))
- Jenks, G. (1977) *Optimal Data Classification for Choropleth Maps*. Kansas City, KS: Department of Geography, University of Kansas
- Karr, J. R., K. D. Fausch, P. L. Argermeier, P. R. Yant, I. J. Schlosser. 1986. Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale. *Illinois Natural History Survey Special Publication* 5.
- Lehner, B., K. Verdin & A. Jarvis. 2008. New Global Hydrography Derived From Spaceborne Elevation Data. *Eos, Transactions, AGU*, 89(10): 93-94. <http://www.worldwildlife.org/science/projects/freshwater/item1991.html> and <http://hydrosheds.cr.usgs.gov/>
- LIDEMA. 2010. Informe del Estado Ambiental de Bolivia 2010. LIDEMA. La Paz, Bolívia. Eixos de Integração e Desenvolvimentos – Red Geospacial de America do Sur [HTTP://www.geosur.info/geosur/iirsa/mapas\\_po.php](http://www.geosur.info/geosur/iirsa/mapas_po.php)
- Mattson, K. M. & Argermeier, P. L. 2007. Integrating Human Impacts and Ecological Integrity into a Risk-Based Protocol for Conservation Planning. *Environ Manage* (2007) 39: 125–138
- MMA (2009) Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCerrado. Brasília, 152 paginas.
- Moraes, André Steffens. 2008. Pecuária e conservação do Pantanal: análise econômica de alternativas sustentáveis – o dilema entre benefícios privados e sociais / André Steffens Moraes. – Recife: O Autor, 2008. 265 folhas: fig., tab. e quadro. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia, 2008.
- PNUD 2009. La otra frontera - Informe temático sobre Desarrollo Humano – Usos alternativos de recursos naturales em Bolivia.

**Edição**

Aldem Bourscheit e Geralda Magela (WWF-Brasil)

Ayla Tiago (TNC)

**Montagem e diagramação**

Henrique Macêdo (Supernova Design)

**Impressão****Realização**

The Nature  
Conservancy   
Proteger a natureza é preservar a vida.

**Apoio**

CPP/Sinergia, TNC/LAR, Caterpillar, HSBC, WWF-Bolivia e WWF-Paraguai

**Colaboradores**

Embrapa Pantanal e Ecoa

**WWF-Brasil**

SHIS EQ 6/8 Conjunto E  
Cep 71620-430 - Brasília/DF - Brasil  
Tel: (55+61) 3364-7400  
[www.wwf.org.br](http://www.wwf.org.br)

**The Nature Conservancy - TNC**

SRTVS Qd. 701, Conj. D, Bl. B - Lj. 246  
Brasília Design Center  
70.340-907, Brasília - DF- Brasil  
(55+61) 3421-9100  
[www.tnc.org.br](http://www.tnc.org.br)



## Realização



## Apoio

CPP/Sinergia, TNC/LAR, Caterpillar, HSBC, WWF-Bolivia e WWF-Paraguai

## Colaboradores

Embrapa Pantanal e Ecoa

ISBN 978-85-60797-10-3



9 788560 797103