

Definição de indicadores de conservação de corpos de água para avaliação da sustentabilidade de fazendas pantaneiras

Building water conservation indicators to assess sustainability for farms in Pantanal - Brazil

RESUMO

A definição de indicadores de sustentabilidade constitui importante ferramenta para avaliar conservação ambiental e facilitar a tomada de decisão. As pressões econômicas para aumento da produtividade dos sistemas de produção de gado de corte no Pantanal tem aumentado e levado à adoção de formas de manejo inapropriadas para a região. O objetivo deste trabalho foi definir indicadores de conservação de ambientes aquáticos para fazendas do Pantanal e os critérios para sua avaliação, como parte de um índice de sustentabilidade mais amplo. O Índice de Conservação de Corpos de Água Naturais (ICA), aqui proposto preliminarmente, é composto por cinco indicadores previamente validados por especialistas, com valores variando de 0-100%: 1. Grau de deposição de excretas de bovinos – FEZ; 2. Grau de compactação por pisoteio – PIS; 3. Grau de alteração no fluxo de água natural – FLUXO; 4. Grau de assoreamento dos corpos d'água – ASSO e 5. Grau de alteração da vegetação na borda dos corpos d'água – VEG, utilizando-se a Lógica Fuzzy como sistema de suporte à decisão. Por exemplo, simulando dois cenários extremos, obteve-se um ICA= 7,7724 para uma fazenda que apresenta grau elevado de conservação de seus recursos hídricos e um ICA= 2,3811 para uma com impactos expressivos. Embora com base apenas em simulações teóricas, as variáveis utilizadas mostraram-se promissoras como indicadoras da qualidade dos ambientes aquáticos para fins de avaliação da influência da atividade pecuária nos recursos hídricos da planície pantaneira.

PALAVRAS-CHAVE: indicadores, recursos hídricos, sustentabilidade, pecuária, Pantanal

ABSTRACT

The definition of sustainability indicators is an important tool for assessing environmental conservation and facilitate decision making. Economic pressures to increase productivity of production of cattle ranching systems in the Pantanal has increased and enforced the adoption of inappropriate management for the region. The objective of this study was to define indicators for conservation of aquatic environments in Pantanal farms and the criteria for their evaluation, as part of a broader sustainability index. The Natural Water Bodies Conservation Index (WCI or ICA in Portuguese), preliminarily proposed here, consists of five indicators previously validated by experts, ranging from 0-100%: 1. Degree of bovine excreta disposal – FEZ; 2. Degree of soil compactness by trampling – PIS; 3. Degree of change in the natural water flow – FLOW; 4. Degree of sedimentation of water bodies - ASSO and 5. Degree of change in the riparian vegetation at the edge of water bodies – VEG; as the decision support system was applied Fuzzy Logic. For example, simulating two extreme scenarios, gave an ICA = 7.7724 for a farm that has high degree of conservation of water resources and a value of 2.3811 for an ICA related to a farm with significant impacts. Although based only on theoretical simulations, the variables used showed to be promising as indicators of the quality of aquatic environments for evaluation of the influence of cattle ranching in the Pantanal floodplain.

KEYWORDS: indicators, water resources, sustainability, livestock, Pantanal

Débora Fernandes Calheiros

Dr^a em Ciências - Ecologia Isotópica em Áreas Úmidas pelo CENA-USP, Pesquisadora da área de Limnologia da Embrapa Pantanal
Corumbá, MS, Brasil
debora.calheiros@embrapa.br

Márcia Divina de Oliveira

Dr^a em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela UFMG, Pesquisadora da área de Limnologia da Embrapa Pantanal
Corumbá, MS, Brasil
marcia.divina@embrapa.br

Márcia Toffani Simão Soares

Dr^a em Solos e Nutrição de Plantas pela ESALQ-USP, Pesquisadora da área de Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Agroecossistemas da Embrapa Pantanal
Corumbá, MS, Brasil
marcia.toffani@embrapa.br

Helano Póvoas de Lima

Bacharel em Ciência da Computação e Especialista em Bancos de Dados pela UFPA, Analista da área de Inteligência Artificial da Embrapa Informática Agropecuária.
Corumbá, MS, Brasil
helano.lima@embrapa.br

Sandra Aparecida Santos

Dr^a em Zootecnia - Produção e Nutrição Animal pela UNESP/Botucatu, Pesquisadora da área de Produção Animal Sustentável da Embrapa Pantanal
Corumbá, MS, Brasil
sandra.santos@embrapa.br

INTRODUÇÃO

O Pantanal é declarado como Patrimônio Nacional pela Constituição Federal do país (BRASIL, 1988). Em 2000, o bioma foi considerado pela comissão internacional do Programa “O Homem e a Biosfera” da UNESCO como Reserva da Biosfera, tornando-se a terceira maior reserva do mundo no gênero; apresenta ainda o complexo de unidades de conservação do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense considerado como Patrimônio Natural da Humanidade (UNESCO, 2000 a,b). Assim, a responsabilidade de promover a gestão da região sob o prisma de seu relevante interesse aumenta significativamente para os governantes e a sociedade, e demanda a implantação de políticas públicas adequadas às peculiaridades regionais.

O bioma é uma imensa planície periodicamente inundável de aproximadamente 140.000 km², com mais de 90% da área constituída por propriedades particulares com grandes extensões de terra. A região é caracterizada pela presença de extensas áreas de campos naturais, favorecendo a atividade pastoril que é influenciada pelo regime hidrológico anual de cheias e secas, razão pela qual a principal atividade econômica é a exploração extensiva da pecuária de corte há mais de dois séculos. O manejo tradicional dos rebanhos bovinos pela comunidade pantaneira e as limitações hidrológicas tem contribuído para a conservação dessa região única no mundo (SANTOS *et al.*, 2008)

Segundo levantamentos recentes, em torno de 12% do bioma Pantanal teve sua cobertura vegetal natural alterada (SILVA *et al.*, 2011; MONITORAMENTO, 2010). Entretanto nas áreas do planalto circundante à planície pantaneira as taxas de desmatamento são muito elevadas (entre 60 e 80%), com alta incidência de pastagens degradadas e voçorocas em decorrência de

processos erosivos pelo mau uso do solo e falta de manejo adequado da agricultura e pecuária (GALDINO *et al.*, 2005; MONITORAMENTO, 2010).

A expansão da atividade agropecuária na parte alta da bacia do Alto Paraguai (BAP) se deu a partir da década de 70 e resultou, em geral, em aumento de desmatamento sem a adoção de boas práticas agrícolas e sem seguir a legislação, em especial quanto à necessidade de conservação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), como encostas íngremes, matas ciliares e nascentes, com consequente aumento dos processos erosivos e assoreamento dos rios (OLIVEIRA e CALHEIROS, 2005; PADOVANI *et al.*, 2005), além de contaminação por pesticidas (MIRANDA *et al.*, 2008; DORES e CALHEIROS, 2008). Tais impactos nas áreas de planalto tem afetado também a hidrodinâmica e a quantidade de água dos rios formadores do Pantanal, atingindo fazendas a jusante, localizadas na planície (PADOVANI *et al.* op. cit.). Outro problema que pode alterar a hidrodinâmica de água, nutrientes e material em suspensão nos corpos de água que abastecem as fazendas na planície é a implantação de mais de uma centena de hidrelétricas (135 empreendimentos, entre atuais e previstos) na área de transição planalto-planície, com potencial de alterar o pulso de inundação de cada rio formador do Pantanal, em especial na região do Pantanal Norte, no Estado de Mato Grosso, onde se encontram cerca de 70% dos empreendimentos planejados (CALHEIROS *et al.*, 2009; CALHEIROS e OLIVEIRA, 2010; CALHEIROS *et al.*, 2012).

Em face da globalização da economia, criação de mercados competitivos e a crise da pecuária, as pressões por aumento de produtividade em todas as regiões do país que criam bovinos exclusivamente a pasto, tem-se intensificado também no Pantanal. Além disso, a constante divisão das terras das propriedades, seja por

venda ou herança, está reduzindo a capacidade produtiva das fazendas pantaneiras. Estes fatores tem ameaçado a sustentabilidade do sistema, devido à introdução de tecnologias com impactos negativos, principalmente a substituição de espécies forrageiras nativas por espécies exóticas de maneira inadequada (SANTOS *et al.*, 2008), levando ao desmatamento de áreas de cobertura vegetal arbórea, as cordilheiras de matas (cerradões), para ampliar a área de pastagens exóticas, colocando em risco a conservação da região. Segundo Silva *et al.* (2011), os percentuais atuais apontam, que se não houver ações de controle efetivas, a vegetação natural da região poderá ser suprimida até o ano de 2050. Cabe lembrar que tanto pela legislação anterior quanto pela atual, o Código Florestal (BRASIL, 1965; BRASIL, 2012), propriedades em áreas de cerrado (exceto nas áreas pertencentes à Amazônia Legal) podem ser desmatadas legalmente em até 80%, excluindo as Áreas de Proteção Permanente (APPs) como matas ciliares e nascentes, além dos 20% de Reserva Legal. Caso esta tendência de expansão de áreas de pastagens plantadas continue, avançando tanto em áreas de pastagens nativas como em áreas de vegetação arbórea a conservação dos processos ecológicos do bioma, como determina a Constituição Federal (BRASIL, 1988 - Artigo 225), bem como sua biodiversidade, serão afetados.

A criação extensiva de gado de corte é uma das atividades econômicas historicamente mais adaptadas ao Pantanal por meio do manejo tradicional, em que a capacidade de suporte é, em geral, respeitada, garantindo um elevado nível de conservação quando comparado com outros biomas. Por ser região considerada área agrícola marginal, devido às limitações para a agricultura como inundações periódicas, solos de baixa fertilidade, dificuldades de acesso, aliadas às

grandes extensões da planície com pastagens nativas, a pecuária caracterizou-se como opção econômica relevante. Contudo, por ser uma planície de inundação, o Pantanal não suporta tecnologias muito intensificadas, sem que ocorram alterações impactantes (SANTOS *et al.*, 2008). Segundo Euclides Filho (2004), para que o rebanho de cria do Pantanal seja competitivo, os criadores devem investir em animais adaptados à região, usar uma taxa de lotação adequada e implantar alternativas tecnológicas, além de otimizar o uso dos recursos forrageiros naturais para assegurar a produção sustentável. Uma produção ótima não significa necessariamente a obtenção de altos índices e sim produzir dentro das limitações bióticas e abióticas do meio ambiente (WRIGHT, 1998). De acordo com Santos (2000), há a necessidade de desenvolver tecnologias/práticas de manejo específicas para as diferentes condições ambientais do Brasil que apresentem o mínimo impacto ambiental. Somente com o conhecimento dos processos ambientais e a real capacidade de suporte dos sistemas (produção sustentável máxima) no tempo e no espaço, será possível tomar decisões adequadas.

Uma vez que a maior parte da planície pantaneira é constituída por propriedades particulares, é irreal pensar em desenvolver planos de conservação sem considerar a escala de fazenda e a atividade pecuária (SANTOS *et al.*, 2008), com um rebanho de cerca de 3,8 milhões de cabeças (ROSA *et al.*, 2006). Desta forma, qualquer plano de conservação e de desenvolvimento sustentável para a região deve levar em consideração o sistema de produção de gado de corte, cujos proprietários são os principais tomadores de decisão em nível de cada fazenda, ou agroecossistema, quanto ao uso do solo na planície pantaneira (SANTOS *et al.*, 2008). Faz-se premente, então, criar

mecanismos para valorizar, estimular e promover as práticas de manejo da pecuária tradicionais na região, atualizando-as com uma maior base científica.

Do ponto de vista ecológico, o conceito de Manejo de Ecossistemas (GRUMBINE, 1994) fundamenta a necessidade de adoção de práticas de uso mais sustentável dos recursos naturais com base no conhecimento dos processos (ciclos hidrológicos e biogeoquímicos, por exemplo) e relações ecológicas que regem os ecossistemas para garantir a conservação ambiental em longo prazo. Nesta mesma linha, o enfoque Agroecológico (CAPORAL e COSTABEBER, 2002) corresponde à aplicação de conceitos e princípios multidisciplinares (ecologia, agronomia, sociologia, antropologia, economia ecológica, etc.) no redesenho e no manejo de agroecossistemas mais sustentáveis através do tempo. Portanto, incorpora dimensões mais amplas e complexas, que incluem mais do que meramente aspectos relacionados à produtividade agropecuária, mas também sociais, ecológicos, além de variáveis culturais, políticas e éticas, proporcionando as bases científicas para apoiar o processo de transição do modelo de agricultura convencional para estilos de agriculturas de base ecológica ou sustentáveis, assim como do modelo convencional de desenvolvimento a processos de desenvolvimento rural sustentável. O grande desafio dos técnicos, produtores e sociedade em geral é desenvolver sistemas de produção vegetal e animal que compatibilizem aumento de produtividade e conservação ambiental, ou seja, que alcancem maior sustentabilidade.

A definição de indicadores de sustentabilidade (qualitativos e quantitativos) de sistemas produtivos no Pantanal constitui importante ferramenta para avaliar e monitorar a conservação dos recursos naturais, visto que sintetiza um conjunto de informações que

permite caracterizar a situação atual, alertar para situações de risco e prever situações futuras, de forma a facilitar a tomada de decisão por parte de proprietários e órgãos gestores (RIGBY *et al.*, 2001; OLIVEIRA e CALHEIROS, 2011).

Esta pesquisa é parte do projeto “Desenvolvimento de sistemas de suporte a decisão para produção animal sustentável no Pantanal”, coordenado pela Embrapa Pantanal, em que cada agroecossistema pode ser caracterizado em relação ao seu sistema de produção pecuária por meio de parâmetros ambientais (água, solo, ar, clima, biodiversidade, pastagem), sociais (perfil da população, nível educacional, saúde, trabalho, etc.) e econômicos (conservação da pastagem e do solo, índices zootécnicos, etc.), que tem um caráter agroecológico.

OBJETIVO

O objetivo deste artigo consiste na definição de indicadores de conservação de ambientes aquáticos para fazendas do Pantanal e seus critérios de avaliação, a fim de compor um Índice de Sustentabilidade (composto por outros indicadores ambientais, além de sociais e econômicos) para avaliar e monitorar o impacto da atividade pecuária na região.

O PANTANAL MATO-GROSSENSE

A região denominada Pantanal ou planície pantaneira, que compreende as áreas abaixo de 200 metros de altitude, depende sobremaneira das interações com a região do planalto, localizada no entorno do Pantanal, com altitudes acima de 200 metros, compreendendo as nascentes e os divisores da Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai - BAP (Figura 1). A BAP é formada por outras bacias menores que drenam para o rio

Paraguai, seu principal canal de drenagem. Cada bacia é proveniente de diferentes regiões geológicas e com regimes pluviométricos/hidrológicos distintos, que lhe conferem características físicas, químicas, biológicas e ecológicas, ou seja, limnológicas, também distintas. Os principais rios são Jauru, Cuiabá, São Lourenço, Taquari, Negro, Miranda, Aquidauana e Apa.

Além dos rios, a planície de inundação caracteriza-se por apresentar lagoas (“baías”) marginais com conexão perene ou intermitente com os rios principais, caracterizando uma drenagem complexa. Segundo Carvalho (1986), ela é constituída, além dos rios, por pequenos cursos d’água (córregos); linhas de drenagem de moderada declividade, mas sem canal bem desenvolvido (vazantes); vazantes com seção definida (corixos ou corixões), lagos e lagoas (baías) e lagoas ou antigos meandros marginais. No período de águas baixas, na área de inundação dos rios, os lagos, lagoas e meandros abandonados tornam-se independentes, mas algumas vezes canais recobertos por vegetação herbácea, auxiliados pela permeabilidade do solo, mantêm esta conexão. Em especial, a região da Nhecolândia apresenta como característica geomorfológica milhares de lagoas predominantemente circulares, que, de acordo com as características químicas diferenciadas, em especial condutividade e pH, são denominadas regionalmente como “baías”, “salitradas” e “salinas”.

Na BAP, a concentração de chuvas no verão, associada à uniformidade topográfica e aos fracos desníveis do relevo, além da predominância de litologias sedimentares recentes, faz com que a onda de cheia, formada no trimestre janeiro-fevereiro-março na região de Cáceres (MT), se desloque lentamente pelo rio Paraguai, rumo ao sul, demorando até seis meses para sair do território brasileiro

(CARVALHO, 1986). A onda de cheia atinge Corumbá (MS) em abril-maio-junho, após o cessar das chuvas, devido à lenta drenagem do Pantanal. Mais ao sul, o rio Paraguai apresenta um primeiro pico de enchente em fevereiro-março, originado das descargas dos rios do sul da bacia (Miranda, Aquidauana, Negro e Taquari). Em maio-junho acontece a maior inundação, devido à chegada das águas originadas do norte da bacia. Além do comportamento sazonal, o fenômeno das enchentes apresenta uma periodicidade plurianual, com alternância de períodos de anos mais secos com anos de cheias expressivas (CARVALHO, 1986; MOURÃO *et al.*, 2002).

O clima é quente e úmido no verão, e frio e seco no inverno, com temperatura média anual de 25°C, sendo que, nos meses de setembro a dezembro, as temperaturas máximas absolutas ultrapassam 40°C. Entre maio e julho, a temperatura manifesta declínio significativo, causado pela entrada de massas de ar frio. A média das temperaturas mínimas fica abaixo de 20°C, e as mínimas absolutas, próximas de 0°C (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1979). Segundo Köppen, o clima predominante é Aw – clima de Savana – com temperaturas médias anuais variando entre 22,5 e 26,5°C. A precipitação média anual é de 1.398mm, variando entre 800 e 1.600mm, sendo os maiores valores observados nas áreas de planalto ao norte (MT) e a leste, na região de Coxim (MS). O período chuvoso ocorre entre outubro e abril (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006). O balanço hídrico simplificado, com a finalidade de estimar a evapotranspiração real média, demonstra que a Região Hidrográfica do Paraguai é a que apresenta maiores valores de evapotranspiração, totalizando 1.193mm (85% da precipitação), superando a média do país, que é de 80% da precipitação média. A presença do Pantanal, com grandes

superfícies úmidas associadas a elevadas temperaturas, favorece a evaporação (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006).

Essas características geológicas, geomorfológicas e climáticas, associadas a variações sazonais das condições hidrológicas, formam planícies distintas quanto à duração e altura das inundações. Desta forma, em nível de fazenda, a oferta de água e a frequência e nível das inundações dependerá de sua localização geográfica na planície, que condicionará a frequência e intensidade de chuvas, e em relação à presença de corpos d’água e canais de drenagem (Figura 1).

O sistema BAP/Pantanal oferece serviços ecossistêmicos que sustentam as atividades econômicas da região. No planalto, oferece o benefício da disponibilidade de solo e água para as atividades agroindustriais, por exemplo. Na planície, as atividades tradicionais da sociedade pantaneira como a pesca, a pesca turística, o manejo natural das pastagens nativas e o enriquecimento nutricional do solo para a pecuária, bem como a conservação da biodiversidade para o turismo, dependem profundamente da conservação da saúde ambiental, em especial do funcionamento hidro-ecológico natural do sistema, o ciclo de cheias e secas. Como visto, nas últimas quatro décadas as atividades agropecuárias causaram alterações expressivas na cobertura vegetal, cursos de água e aquíferos, em especial no planalto circundante à planície pantaneira, contribuindo para a degradação dos ecossistemas e comprometendo os serviços ecossistêmicos prestados pelo bioma. Não obstante, as pressões econômicas para se implantar projetos de desenvolvimento convencional na região, incluindo as pressões para o aumento da produtividade dos sistemas de produção de gado de corte no Pantanal tem aumentado, representando uma ameaça à sustentabilidade dos ecossistemas

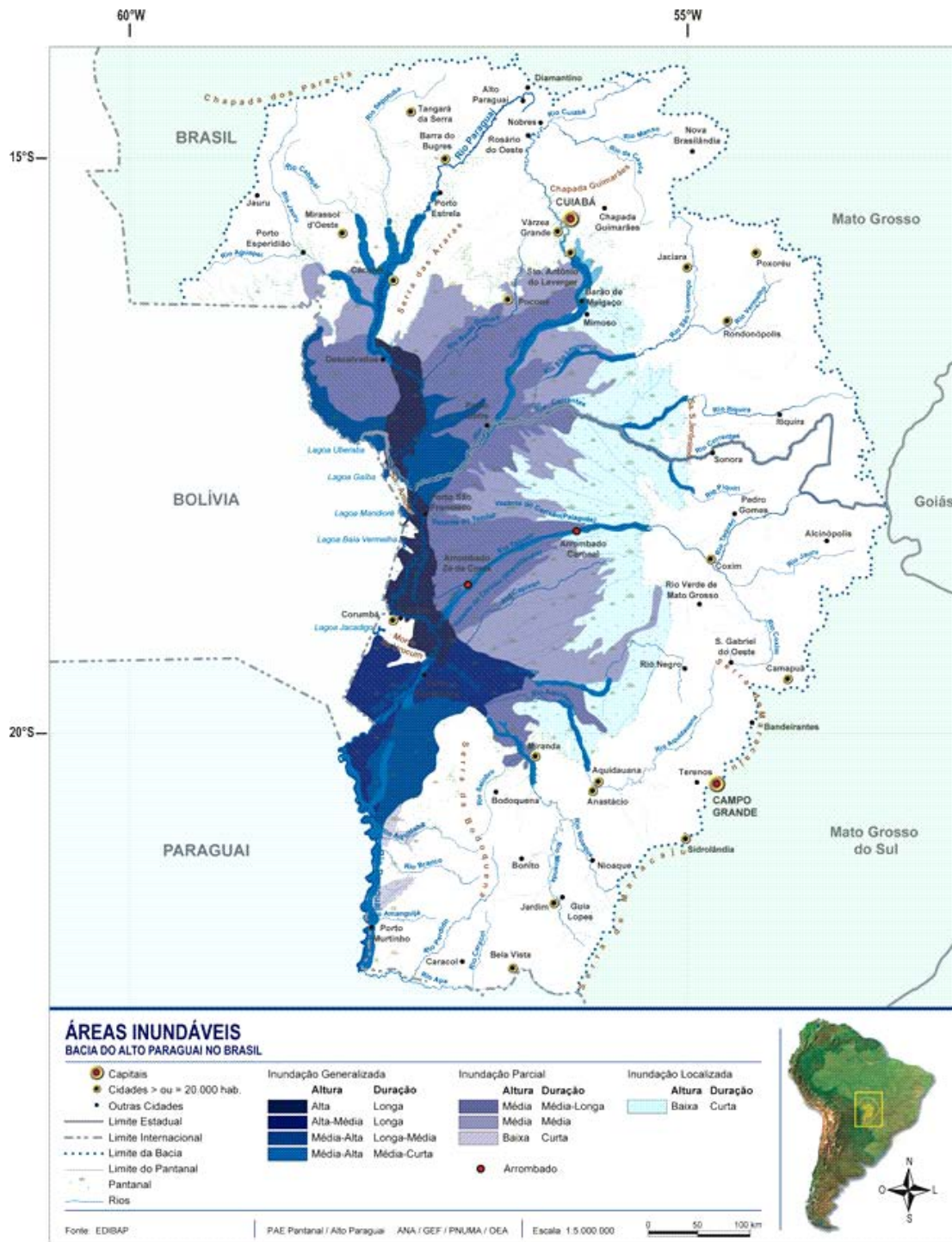


Figura 1 – Mapa da bacia do Alto Paraguai no Brasil, com a localização da planície pantaneira, identificada pelos vários tons de azul (vide legenda) e os seus principais rios formadores, e da parte alta do planalto circundante (branco), região das cabeceiras do divisor de águas, bem como as principais cidades pantaneiras e peri-pantaneiras. Fonte: ANA/GEF/PNUMA/OEA.

se forem utilizadas formas de manejo inapropriadas para a região (SANTOS *et al.*, 2008; CALHEIROS e OLIVEIRA, 2010; SILVA *et al.*, 2011). Essas alterações afetam negativamente o funcionamento

ecológico desses ambientes e os seus respectivos serviços ambientais (FALKENMARK *et al.*, 2007).

MATERIAIS E MÉTODOS

A proposição de indicadores de avaliação do impacto ambiental da atividade de pecuária extensiva no Pantanal, em nível de fazenda, tem como objetivo final

certificar fazendas sustentáveis do Pantanal, a partir do Índice FPS – Fazenda Pantaneira Sustentável, um sistema de suporte à decisão para avaliação e monitoramento das fazendas pantaneiras, com base na definição de critérios de sustentabilidade em três dimensões: econômica, social e ambiental. Para a determinação dos indicadores, foram definidos os principais parâmetros relacionados com a produção de gado de corte nas fazendas da região: 1. conservação e produtividade das pastagens; 2. gestão da paisagem e biodiversidade; 3. gestão de recursos hídricos; 4. manejo do rebanho e bem-estar animal; 5. viabilidade econômica e 6. aspectos socioculturais. Com base na categorização em Classes de Sustentabilidade de um determinado agroecossistema, em Crítica, Regular e Boa, poder-se-á sugerir estratégias de manejo e ajustes para atingir gradativamente um patamar desejado de sustentabilidade, por meio de processo de certificação anual, na forma de um “Selo FPS”.

Os indicadores foram definidos de forma participativa por meio de seis workshops com participação de cerca de 20 especialistas da comunidade científica da região, em geral com mais de 20 anos de experiência, e com enfoque multidisciplinar, em áreas como ecologia de ambientes aquáticos, fauna, flora, solos, produção pecuária, socioeconomia rural, pastagens, ecologia da paisagem, bem estar animal e inteligência artificial. De uma lista extensa de possíveis indicadores elencados pelos especialistas, solicitou-se que até cinco fossem priorizados, tendo como critério de escolha o fato de serem simples, de fácil mensuração e, em especial, representativos de processos importantes para a sustentabilidade do bioma. Para cada indicador, foi solicitado que se informassem as seguintes questões: O que ele indica? Como pode ser medido?

Como pode ser usado para monitoramento? Qual a escala de tempo necessária?, além de informações sobre as possíveis limitações e os atores envolvidos no monitoramento.

O conjunto de indicadores propostos para compor o índice de conservação dos corpos de água naturais (ICA) foi também avaliado previamente por meio de simulações teóricas vislumbrando cenários diferenciados para cada um de seus indicadores, utilizando um sistema de suporte à decisão (*WebFuzzy*) especialmente desenvolvido pela Embrapa Informática Agropecuária (LIMA *et al.*, 2011). Este sistema é baseado na análise computacional denominada “Lógica Nebulosa” (ou “Lógica Fuzzy”), inserida em um ambiente amigável de simples acesso por meio da rede mundial de computadores e que facilita a interação com o usuário, desde técnicos de órgãos gestores até usuários leigos, como proprietários de fazendas, uma vez habilitados (EMBRAPA, 2010). A análise computacional “Lógica Nebulosa” adotada para o cálculo do índice (ICA) proposto, bem como o FPS geral para cada agroecossistema, é baseada na teoria dos “conjuntos nebulosos” formulada por Zadeh (1965) e no mecanismo de inferência proposto por Mamdani (1976), o qual propôs um controlador para sintetizar o processo de tomada de decisão adotando um processo baseado em regras do tipo “SE A então B”, onde tanto o antecedente quanto o conseqüente são valores de variáveis linguísticas, expressos por meio de “conjuntos nebulosos”, possibilitando, de maneira relativamente fácil a incorporação do conhecimento de especialistas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No âmbito da gestão de recursos hídricos, os cinco indicadores, com suas respectivas faixas gradação de impacto, selecionados e validados pelo grupo

de especialistas, para compor o Índice de Conservação de Corpos de Água Naturais – ICA, para ambientes naturais, foram: 1. Grau de deposição de excretas de bovinos (0-100%) – FEZ; 2. Grau de compactação por pisoteio (0-100%) – PIS; 3. Grau de alteração no fluxo de água natural (0-100%) – FLUXO; 4. Grau de assoreamento dos corpos d’ água (0-100%) – ASSO e 5. Grau de alteração da vegetação na borda dos corpos d’ água (0 a 100%) – VEG.

Para se avaliar o nível de alteração desses indicadores em uma dada fazenda, análises prévias de mapas e imagens de satélite (se possível de alta definição), tanto na fase de seca de um ano considerado seco como na fase de cheia de um ano considerado úmido, dentro da variação plurianual, serão necessárias. Serão associadas ainda informações fornecidas pelos proprietários e funcionários, bem como informações técnicas relacionadas aos tipos de corpos d’ água (riachos, rios, corixos, vazantes, baías, lagoas marginais, salinas, etc) e se são ambientes perenes ou não, além de informações quanto à conservação de matas ciliares, nascentes e encostas (áreas de proteção permanente – APPs) e quanto aos tipos de solo, presença de áreas de pastagem cultivada, etc., levando-se em consideração também a experiência dos técnicos avaliadores. As amostragens/avaliações serão realizadas ainda com base no tipo de fitofisionomias, ou paisagens, existentes no agroecossistema.

Indicadores componentes do ICA

1. Grau de deposição de excretas de bovinos – FEZ

Para a determinação do indicador, avaliar-se-á, por meio de estimativa visual, a área com deposição de fezes na borda dos corpos d’ água, sendo adotadas as classificações de nível de impacto: Crítico (mais que 70% da área considerada com presença de

deposição de fezes), Regular (entre 50-70% da área), Bom (entre 20 e 50% da área) e Ótimo (menos que 20% da área).

2. Grau de compactação do solo por pisoteio – PIS

Estimativa visual do grau de alteração da borda dos corpos d'água pelo pisoteio ou uso como dormitório por bovinos, bem como por meio de penetrômetro. As categorias relacionadas ao nível de pisoteio serão: Crítico (presente em mais que 70% das bordas dos corpos d'água), Regular (presente em 50-70%), Bom (presente em 20-50%), e Ótimo (presente em menos que 20% das bordas).

3. Grau de alteração no fluxo natural de água – FLUXO

Será avaliada a existência de alteração no fluxo (vazão) de água natural em cursos d'água superficiais, devido a interferências antrópicas (construção de canais, diques, aterros, etc). A alteração poderá ser detectada visualmente, por imagens de satélite e, quando possível, poderá ser avaliada medindo-se o fluxo (por meio de flutuantes ou fluxômetro) antes e depois da área alterada. As classificações do nível de impacto serão: Crítico (elevado- entre 70-100% de alteração do fluxo natural, e com pouca possibilidade de reversão), Regular (moderado- entre 50-70% de alteração do fluxo e com boa possibilidade de reversão), Bom (mínimo- entre 20-50% de alteração do fluxo e com possibilidade total de reversão), Ótimo (muito baixo- alteração do fluxo entre 0-20%).

4. Grau de assoreamento dos corpos d' água – ASSO

Estimativa visual do grau de erosão em estradas e áreas utilizadas para agricultura e pecuária, dentro da propriedade e/ou em áreas adjacentes a esta, além do grau de assoreamento nas margens dos cursos d'água devido à entrada de sedimentos, o desmatamento de áreas próximas e

abertura de novas estradas. Imagens de satélite devem ser usadas para esta avaliação. As categorias relacionadas ao assoreamento serão: Crítico (elevado- áreas com evidências de erosão entre 70-100%), Regular (médio- entre 50-70% da área considerada), Bom (baixo- entre 20-50% da área) e Ótimo (muito baixo- entre 0-20% da área).

5. Grau de alteração da vegetação na borda dos corpos d'água – VEG

A estimativa será visual bem como por meio de análise temporal de imagens de satélite ou fotografias aéreas do grau de modificação da vegetação na borda de corixos, baías, salinas e demais cursos d'água naturais, além da presença de plantas exóticas e invasoras, ou remoção de mata ciliar no caso de ambientes lóticos (rios), comparando-se com as métricas determinadas pela legislação vigente e/ou sabidamente características da região. As classificações do nível de alteração da cobertura vegetal natural serão: Crítico (alteração elevada- entre 50-100% da área considerada), Regular (alteração moderada- entre 30-50% da área), Bom (alteração mínima- entre 10-30%) e Ótimo (ausente- entre 0-10% da área).

Todas as combinações de regras possíveis entre as variáveis de entrada, ou seja, os indicadores, foram geradas e os especialistas, através de seu conhecimento sobre o tema, determinaram qual deveria ser a saída esperada do modelo, desta maneira seus conhecimentos foram incorporados. Por exemplo, para determinar a regra para se considerar um agroecossistema como "Crítico", os especialistas foram convidados a afirmar quais seriam os valores dos cinco indicadores, entre ótimo, bom, regular e crítico e quais eram os decisivos para esta classificação.

Assim, um agroecossistema pode ser considerado como "Crítico" em termos de conservação de qualidade de água, apenas se o grau

de alteração no fluxo natural de água estiver em estado crítico, mesmo se os demais indicadores estiverem com classificação melhor; o mesmo pode ocorrer se o grau de alteração da vegetação na borda dos corpos d'água for crítico.

O sistema de suporte à decisão fornece resultados para cada parâmetro em gráfico visual na forma de radar, onde é possível visualizar os indicadores que estão abaixo do nível desejado ou sustentável. Além da avaliação individual de cada Índice, a ferramenta também fornece a análise integrada de todos os demais Índices, considerando os aspectos relacionados com as práticas de manejo da fazenda, como também a avaliação do potencial produtivo. Na Figura 2 podem ser observados exemplos de simulações para o cálculo do ICA com base em dois cenários extremos: uma fazenda que apresenta grau elevado de conservação de seus recursos hídricos (FLUXO= 0%; VEG= 10%; ASSO= 10%; PIS= 20%; FEZ= 20%, sendo o resultado do ICA= 7,7724) e outra que sofre impactos expressivos (FLUXO= 40%; VEG= 80%; ASSO= 30%; PIS= 450%; FEZ= 50%, sendo o resultado do ICA= 2,3811). Quanto mais externo está o indicador avaliado, como, por exemplo, o grau de compactação do solo por pisoteio ou de alteração da vegetação na borda dos corpos de água, melhor ele foi avaliado, sendo pontos fortes da fazenda, e quanto mais próximo do centro pior é a avaliação, ou pontos fracos quanto à sustentabilidade, mas que dependendo do indicador pode ser melhorado. Desta forma, será possível avaliar o grau de sustentabilidade do sistema produtivo de cada agroecossistema, apontando os fatores responsáveis para garantir a sustentabilidade das fazendas pantaneiras.

Como exemplos das recomendações possíveis para reversão dos impactos da atividade pecuária nos corpos de água

COMPARATIVO NORMALIZADO

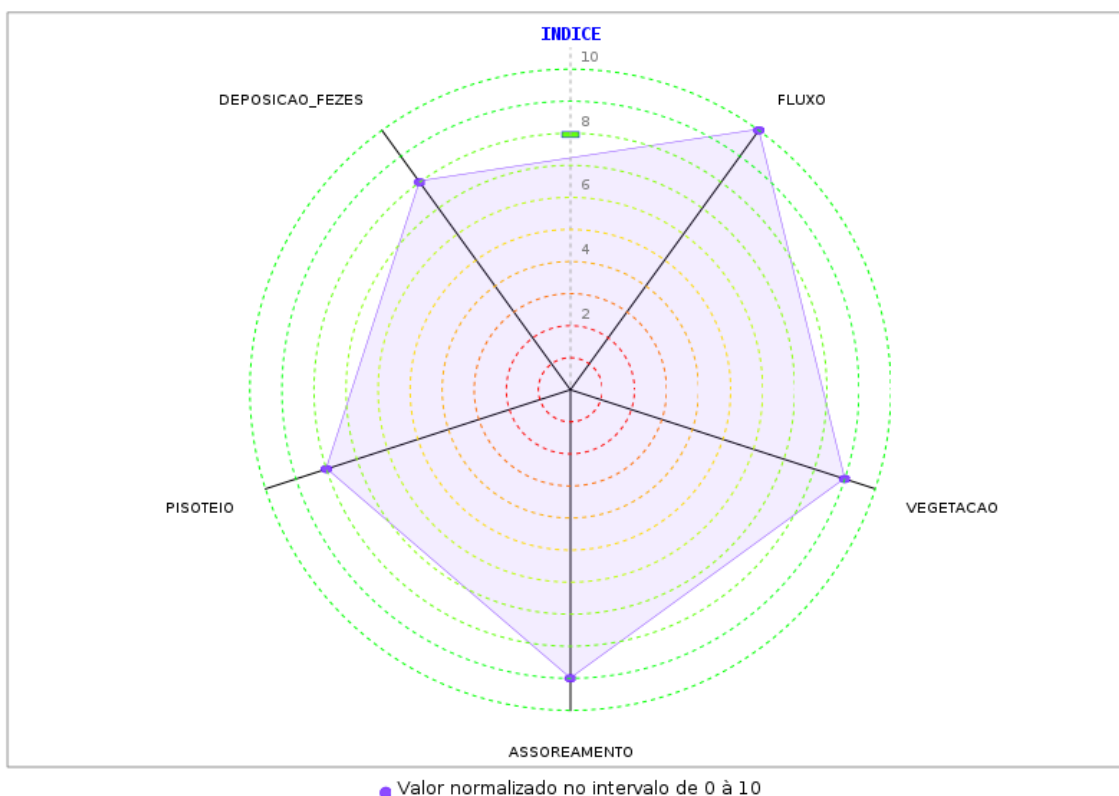


Figura 2 - Exemplos de gráficos gerados pelo sistema de suporte à decisão WebFuzzy para o ICA, componente da ferramenta FPS. Acima exemplo, resultante de simulação teórica, de uma fazenda considerada sustentável (ICA = 7,7724) e abaixo exemplo de uma fazenda altamente impactada (ICA= 2,3811)

naturais, ajustes no manejo da propriedade devem ser sugeridos, apontando os fatores responsáveis para garantir a sustentabilidade das fazendas pantaneiras. Por exemplo, avaliar a possibilidade de deixar ambientes aquáticos sem acesso ao gado, como em áreas de reserva legal e de APP ou até estimulando a criação de unidade de conservação do tipo Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). Contudo, pela dificuldade de se cercar áreas impedindo o acesso do gado em grandes extensões, alternativamente, poder-se-ia promover um maior rodízio de invernadas, modificando o manejo do rebanho. Alternativamente, poder-se-ia aumentar a oferta de água, aumentando o número de pilhetas ou poços artificiais e planejando sua localização e distribuição, uma vez que esses

poços auxiliariam a evitar o impacto nos ambientes aquáticos naturais, bem como a oferta de água para as espécies nativas, contribuindo para a conservação da biodiversidade.

Para facilitar a interpretação e a tomada de decisão o resultado final, deste e dos demais índices considerados (ambientais, sociais e econômicos), tem como resultado de saída apenas três Classes de Sustentabilidade: Crítica (0-3); Regular (3-6) e Boa (6-10), sendo o valor final de cada Índice e do FPS geral expressos entre 0 (pouco sustentável) a 10 (sustentável).

DISCUSSÃO

Na literatura constam diversas definições filosóficas de sustentabilidade, porém, definições

operacionais e metodologias que permitam a sua aplicação nas tomadas de decisões e planejamento da agricultura são mais difíceis (SMITH e MCDONALD, 1998). A definição é muito ampla e varia conforme os interesses locais e pessoais, sendo às vezes usada apenas na forma unidimensional, principalmente econômica. Sendo assim, um dos pré-requisitos na sua aplicação é defini-la adequadamente conforme os objetivos a serem alcançados seguindo os princípios da sustentabilidade que é multidimensional (econômica, ecológica e sociocultural), numa perspectiva de longo prazo, envolvendo as distintas percepções dos atores envolvidos. RIGBY *et al.* (2001) construíram indicadores para avaliar a sustentabilidade em nível de fazendas a partir do uso de “inputs” ao invés de avaliar os

impactos. Porém, a avaliação dos impactos nos parece mais desejável, desde que sua utilização se baseie em ferramentas de monitoramento, nem sempre disponíveis, mas que se justificam como aperfeiçoamento do processo.

As organizações internacionais de certificação como a Fundação Internacional para a Agricultura Orgânica (International Foundation for Organic Agriculture - IFOAM) estabeleceram protocolos que focam a permissão ou não do uso de insumos e práticas de manejo. Porém, a própria IFOAM (<http://www.ifoam.org/>) considera que há a necessidade de estabelecer um modelo de gestão e manejo para produtores de modo que eles tenham um guia para garantir o cumprimento de determinadas normas e práticas pré-estabelecidas. Tais modelos necessitam ser simples e robustos, internacionalmente aceitos e compatíveis com outros modelos internacionais de modo que permitam integração como no caso das ISOs 9001 e 14001, e à normas do Codex Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (Codex Hazard Analysis and Critical Control Point – HACCP) da mesma IFOAM.

Este trabalho objetivou definir indicadores de conservação de ambientes aquáticos para fazendas de pecuária extensiva de gado de corte no Pantanal e seus critérios de avaliação, visando justamente a proposição de um índice de sustentabilidade para avaliar e monitorar o impacto da atividade. A alteração da qualidade da água é consequência da alteração de outros indicadores, como alteração da cobertura da vegetação ciliar, sobrepastejo, não se respeitando a capacidade de suporte (número de cabeças/ha) do ambiente, levando a uma maior incidência de processos de erosão, assoreamento e pisoteio, além da quantidade de fezes em uma determinada inverno, podendo sofrer ainda influências de alterações ocorridas fora dos limites do agroecossistema avaliado

(desmatamentos, interferências no fluxo).

A pecuária é praticada há mais de 200 anos no Pantanal, sendo difícil encontrar corpos d'água sem o impacto da presença de bovinos, estando estes ambientes restritos apenas a parques e reservas naturais. Dados históricos de qualidade e quantidade de água, que permitam conhecer as características naturais dos ambientes para se diferenciar alterações sazonais naturais, relacionadas ao funcionamento hidro-ecológico da planície, daquelas relacionadas às atividades antrópicas são escassos ou inexistentes, mas fundamentais para embasar a interpretação dos dados em um ambiente ainda saudável e altamente dinâmico. Desta forma, a utilização de outro tipo de variáveis indicadoras, em função da praticidade em representar e simplificar fenômenos complexos e sistêmicos, foi decisiva para sua inclusão no ICA.

O ideal numa avaliação sobre alterações de qualidade de água seria medir parâmetros que expressem analiticamente e quantitativamente, como condutividade, nutrientes, teor de clorofila, coliformes termotolerantes, sólidos em suspensão, etc. No entanto, esses parâmetros são difíceis de medir porque exigem equipamentos específicos para sua medição, protocolos para coleta, armazenamento, e análise que muitas vezes são impossíveis de serem cumpridos no caso do Pantanal, onde o acesso é difícil sob longas distâncias, como por exemplo, no caso dos coliformes, cuja análise tem que ser feita em 24h entre coleta e análise. Outro fator importante é o conhecimento prévio das características do corpo d'água que está sendo analisado. No Pantanal, as variações dentro do ano, entre as fases de seca e cheia, são expressivas, por isso análises baseadas em séries temporais são necessárias. Em anos de secas mais

drásticas, muitos corpos d'água apresentam lâmina d'água reduzida ou secam completamente, e em anos mais úmidos há um expressivo aumento da área alagada/inundada, com conexão entre eles. OLIVEIRA e CALHEIROS (2011) observaram que a variabilidade química das águas da região do Pantanal da Nhecolândia torna difícil definir intervalos de parâmetros físicos e químicos que possam ser usados como indicadores de qualidade da água em relação ao uso pela pecuária, considerando as variações sazonais das características naturais dos ambientes. As autoras consideram este entendimento como fundamental para a utilização de indicadores no Pantanal.

A Lógica Nebulosa ou “Lógica Fuzzy” foi adotada como técnica para agregação e visualização dos indicadores, por ter como princípio a inexistência de intervalos rígidos entre as classes de um conjunto, fundamentais devido à complexidade dos fatores envolvidos na avaliação da sustentabilidade. Para cada indicador foram implementados sistemas de inferência “Fuzzy”, resultando em um índice integrado que considerou as regras definidas pelos cientistas com base em seus estudos e vivência da/na região. Através desta abordagem, é possível adicionar “inteligência” aos indicadores, tornando-os ferramentas de apoio a decisões mais robustas. Tal abordagem tem sido cada vez mais utilizada na área de qualidade da água, como visto em Icaga (2007) e Lermontov *et al.* (2009).

O aproveitamento do conhecimento especializado na conservação e gestão de recursos naturais está crescendo, sendo usado como uma ferramenta para a tomada de decisões onde há incerteza e escassez de dados empíricos. No caso de se considerar a opinião de vários especialistas, métodos capazes de sintetizar as respostas, gerando a incerteza em torno da estimativa, são necessários.

Uma validação preliminar do ICA foi realizada em campo, com a obtenção de dados reais em duas fazendas na região da Nhecolândia, uma com maior conservação e boas práticas de manejo e outra com elevada alteração da paisagem, com implantação de pastagem exótica e maior carga de animais, demonstrando praticidade e viabilidade. Também uma validação preliminar participativa ocorreu em julho/2012 apenas com pecuaristas da região, ainda prevendo-se realizar outra(s) com a participação dos demais atores (instituições governamentais e não governamentais, de ensino e pesquisa, certificadoras, e tomadores de decisão). O Índice foi bem aceito pelos produtores, sugerindo-se apenas a inclusão de mais um indicador, o de "Disponibilidade de Água" para o rebanho, visando diminuir a pressão nos corpos de água naturais, ao oferecer opções de dessedentação artificiais. Estas etapas de validação apontaram ajustes para o aperfeiçoamento do ICA ainda em fase de elaboração.

Esta proposta de avaliação da qualidade dos corpos de água naturais em nível de agroecossistemas deverá ainda ser validada a partir de visitas de avaliação em mais fazendas, inclusive em outras sub-regiões do Pantanal e também por meio de mais consultas participativas com proprietários e funcionários de fazendas, técnicos de órgãos gestores, tomadores de decisão, etc. No entanto, as simulações teóricas para o cálculo do ICA aqui apresentadas, as variáveis utilizadas mostraram-se promissoras, como indicadoras da qualidade dos ambientes aquáticos para fins de avaliação da influência da atividade pecuária nos recursos hídricos da planície pantaneira. Tais simulações, bem como validações prévias, de campo e participativa indicam que a ferramenta é apropriada como índice de qualidade e sustentabilidade ambiental dos

corpos d'água nos agroecossistemas do Pantanal.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a toda equipe de apoio técnico e de campo da Embrapa Pantanal e aos demais pesquisadores membros dos Projetos "Monitoramento da Sustentabilidade de Sistemas de Produção de Pecuária de Corte do Pantanal" e "Desenvolvimento de Sistemas de Suporte a Decisão para Produção Animal Sustentável no Pantanal", financiados pela Embrapa. Agradecemos ainda a Dra. Sílvia M. F. S. Massruhá - Embrapa Informática Agropecuária, pela contribuição fundamental na escolha da ferramenta de suporte à decisão.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Código Florestal. Lei No. 4771 de 15 de setembro de 1965.

BRASIL. Novo Código Florestal. LEI Nº 12.727, de 17 de outubro de 2012.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988.

CALHEIROS, D. F.; ARNDT, E.; RODRIGUEZ, E. O.; SILVA, M. C. A. **Influências de usinas hidrelétricas no funcionamento hidro-ecológico do Pantanal Mato-Grossense: Recomendações.** Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2009. 21p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 102). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC102.pdf> Acesso em 28 de fevereiro de 2011.

CALHEIROS, D. F.; OLIVEIRA, M. D. O rio Paraguai e sua planície de inundação - O Pantanal Mato-Grossense. **Ciência & Ambiente**, v. 41, p. 113-130, 2010.

CALHEIROS, D. F.; OLIVEIRA, M. D.; PADOVANI, C. R. Hydro-ecological

Processes and Anthropogenic Impacts on the Ecosystem Services of the Pantanal Wetland. In: IORIS, A. A. R. (Org.). **Tropical Wetland Management: The South-American Pantanal and the International Experience.** Farnham, England: Ashgate Publishing Ltd, 2012, p. 29-57.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: Enfoque científico e estratégico. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 13-16, 2002.

CARVALHO, N. O. Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. In: **Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal**, 1. 1984, Corumbá. Anais. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, (EMBRAPA-CPAP. Série Documentos, 5), p.43-49. 1986. Disponível em:

<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC05.pdf> Acesso em 13 de agosto de 2011.

DORES, E. F. G. C.; CALHEIROS, D. F. Contaminação por agrotóxicos na bacia do rio Miranda, Pantanal (MS). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, n. 2, 4p. 2008.

EMBRAPA. 2010. **Sistema de suporte à decisão para avaliação e monitoramento das fazendas pantaneiras** - Fazenda Pantaneira Sustentável (FSP). Disponível em: <http://www.webfuzzy.cnptia.embrapa.br/webfuzzy/controlador> Acesso RESTRITO em 28 de outubro de 2011.

EUCLIDES FILHO, K. O enfoque de cadeia produtiva como estratégia para a produção sustentável de cadeia bovina. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 41, Campo Grande-MS. Anais. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2004, p.205-212.

FALKENMARK, M.; FINLAYSON, C. M.; GORDON, L. J. Agriculture,

water, and ecosystems: avoiding the costs of going too far. In: MOLDEN, D. (Ed.) **Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture**. London: Earthscan; Colombo: International Water Management Institute, 2007. p. 233-277.

GALDINO, S., VIEIRA, L. M.; PELLEGRIN, L. A. **Impactos ambientais e socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari – Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/Livro025.pdf> Acesso em 13 de novembro de 2010.

GRUMBINE, R. E. What is Ecosystem Management? **Conservation Biology**, v. 8, n. 1, p. 27-38, 1994.

ICAGA, Y. Fuzzy evaluation of water quality classification. **Ecological Indicators**, v. 7, n. 3, p. 710-718, 2007.

LERMONTOV, A.; YOKOYAMA, L. D.; LERMONTOV, M.; MACHADO, M. A. S. River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape River watershed. **Ecological Indicators**, v. 9, n. 6, p. 1188-1197, 2009.

LIMA, H. P. de; MASSRUHÁ, S. M. F. S.; ABREU, U. G. P.; SANTOS, S. A. Webfuzzy e fuzzygen- ferramentas para modelagem fuzzy: aplicação na sustentabilidade das fazendas do Pantanal. In: **Congresso Brasileiro de Agroinformática - SBIAgro, 8**, Bento Gonçalves-RS, 2011, CD.Rom. Anais...

MAMDANI, E. H. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. In: **International Symposium on Multiple-valued Logic**, 6. p.196-202, May 25-28, 1976, Logan-Utah, USA. Proceedings...

MINISTÉRIO DO INTERIOR. **Estudo de desenvolvimento integrado da Bacia do Alto Paraguai – EDIBAP**.

Relatório da Primeira Fase: Descrição Física e Recursos Naturais, t. 2. Brasília, DF: SUDECO/PNUD/OEA, 1979.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília, DF: MMA, 2006. 140 p. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011023853.pdf Acesso em 2 de setembro de 2009.

MIRANDA, K.; CUNHA, M. L. F.; DORES, E. G. G. C.; CALHEIROS, D. F. Pesticide residues in river sediments from the Pantanal Wetland, Brasil. **Journal of Environmental Science and Health**, Part B., v. 43, p. 717-722, 2008.

MONITORAMENTO. **Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do solo na Bacia do Alto Paraguai - Período de Análise: 2002 to 2008**. Brasília: CI – Conservação Internacional, ECOA - Ecologia e Ação, Fundação AVINA, Instituto SOS Pantanal, WWF - Brasil. Relatório Técnico. 2010. 58p. Disponível em: http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/mapacoberturabaciaaltoparaguai_estudocompleto.pdf Acesso em 22 de abril de 2010.

MOURÃO, G. M.; OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F.; PADOVANI, C. R.; MARQUES, E. J.; UETANABARO, M. O. Pantanal Mato-Grossense. In: SEELIGER, U.; CORDAZZO, C.; BARBOSA, F. (Ed.). **Os sites e o programa brasileiro de pesquisas ecológicas de longa duração**. Belo Horizonte, MG: Ed. UFMG, 2002. 184 p.

OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F. **Qualidade da água em agroecossistemas do Pantanal: Sub-regiões da Nhecolândia e Poconé**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2011. 21p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa 109). Disponível em:

<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP109.pdf> Acesso em 19 de dezembro de 2011.

OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F. Características e alterações limnológicas na bacia do rio Taquari. In: GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; PELLEGRIN, L. A. (Ed.). **Impactos Ambientais e Socioeconômicos na bacia do rio Taquari - Pantanal**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2005. p. 199-206. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/Livro025.pdf> Acesso em 13 de novembro de 2010.

PADOVANI, C. R.; ASSINE, M. L.; VIEIRA, L. M. Inundações no leque aluvial do rio Taquari. In: GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; PELLEGRIN, L. A. (Ed.). **Impactos ambientais e socioeconômicos na bacia do rio Taquari - Pantanal**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2005. p. 183-196. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/Livro025.pdf> Acesso em 13 de novembro de 2010.

RIGBY, D.; WOODHOUSE, P.; YOUNG, T.; BURTON, M. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. **Ecological Economics**, v. 39, p. 463-478, 2001.

ROSA, A.N.; ABREU, U.G.P.; SERENO, J.R.B.; ALMEIDA, I.L.; SCHENK, J.A.P.; COMASTRI FILHO, J.A. **Núcleos de seleção e estratégias para a introdução e produção de touros nelore no Pantanal**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2006. 45p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa, 69). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP69.pdf> Acesso em 12 de dezembro de 2012.

SANTOS, R. **Nelore: a vitória brasileira**. Uberaba, MG: Editora Agropecuária Tropical, 2000. 560p.

SANTOS, S. A.; ABREU, U. G. P.; COMASTRI FILHO, J. A.; CRISPIM, S. M. A., PELLEGRIN, A. O.; TOMICH, T.

R. Desafios e soluções tecnológicas para a produção sustentável de gado de corte no Pantanal.

Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2008. 33p. (Embrapa Pantanal. Serie Documentos, 99). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC99.pdf> Acesso em 05 de outubro de 2011.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M.; SILVA, S. M. A.; MORAES, J. A. Evolution of deforestation in the Brazilian Pantanal and surroundings in the timeframe 1976 – 2008. **Geografia**, v. 36, Número Especial, p. 35-55, jun. 2011.

SMITH, C.S.; MCDONALD, G.T. Assessing the sustainability of agriculture at the planning stage. **Journal of Environmental Management**, v. 52, p. 15–37. 1998.

UNESCO. Biosphere Reserve Information - **The Pantanal Biosphere Reserve**. MAB – Man and Biosphere Programme. Biosphere Reserves Directory. 2000a. Disponível em: <http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?code=BR A+03&mode=all> Acesso em 22 de fevereiro de 2011.

UNESCO. World Heritage by United Nations - **Pantanal Conservation Complex on the World Heritage List**. 2000b. Disponível em: <http://whc.unesco.org/en/decisions/2428> Acesso em 22 de fevereiro de 2011.

WRIGHT, I. A. Identifying biological constraints acting on livestock systems in marginal areas. In: **Livestock Systems in European Rural Development**, 1, 1997, Nafplio. Proceedings. Scotland: LSIRD, 1998. p. 11-18.

YING, H. **Fuzzy Control and Modeling: Analytical Foundations and Applications**. New York: IEEE Press, 2000. 342 p.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and Control**, v. 8, p. 338–353, 1965.

Recebido em: nov/2011
Aprovado em: out/2013