nexus

caminhos para a sustentabilidade

RELATÓRIO TÉCNICO PROJETO NEXUS

Transição para a sustentabilidade e o nexo água-agricultura-energia: explorando uma abordagem integrativa de estudos dos biomas Cerrado e Caatinga

ACOMPANHE NOSSO PROJETO EM:

Caminhos para a sustentabilidade no Cerrado e Caatinga brasileiros – Relatório técnico do projeto Nexus

Organização, elaboração e edição de textos e figuras

Celso von Randow, Ana Paula Dutra Aguiar, Francisco Gilney Silva Bezerra, Minella Alves Martins, Marcela Miranda, Amanda Sousa Silvino, Taís Sonetti-González, Lincoln Muniz Alves, Pedro Ribeiro Andrade Neto, Gustavo Felipe Balué Arcoverde, Jocilene Dantas Barros, Evandro Albiach Branco, Erica Ferraz de Campos, Manoel Ferreira Cardoso, Aline Anderson de Castro, Rodrigo Costa, Andre Rodrigues Gonçalves, Aldrin Martin Perez-Marin, Felipe Pacheco, Rafael Costa Pinheiro, Diego Jatobá dos Santos, Javier Tomasella, Jean Pierre Henry Balbaud Ometto

Design gráfico

Rafael Felix de S. G. Silva

Agradecimentos

Agradecemos a todos os participantes das oficinas, a quem este trabalho pertence. Agradecemos também aos voluntários que apoiaram as oficinas locais, em particular os alunos da UFOB (Universidade Federal do Oeste da Bahia) em Barreiras. Agradecemos ao grupo de teatro de Petrolina, sob direção de Fernanda Luz, que transformou os produtos criativos das oficinas numa peça de teatro que toca as pessoas, e reflete perfeitamente os conflitos e contradições da região. Agradecemos o cordelista João Muniz, de Campina Grande, que nos ajudou a criar um ambiente alegre e acolhedor na nossa primeira oficina presencial após a pandemia. Agradecemos a todos os parceiros do Projeto Nexus. O projeto foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo n. 2017/22269-2, executado no âmbito de pesquisas da Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades do INPE.

Apoio

FAPESP

ÍNDICE

Caminhos para sustentabilidade no Cerrado e Caatinga brasileiros

SUMÁRIO EXECUTIVO **4**

1 INTRODUÇÃO **10**

2 ABORDAGEM METODOLÓGICA **12**

3 DIAGNÓSTICO DO PRESENTE **16**

3.1 Índices de sustentabilidade **16**

3.2 Redes de atores nos dois biomas **18**

3.3 Principais desafios do presente **19**

4 FUTURO(S) E CAMINHOS ALTERNATIVOS **22**

4.1 Diferentes visões sobre o futuro e sobre como alcançá-los **22**

4.2 Quantificando narrativas: Indicadores de sustentabilidade futuro **24**

4.3 Estudo de caso locais: modelo de dinâmica de sistemas **29**

5 DIÁLOGO FINAL **31**

5.1 Quais políticas públicas e programas em andamento se alinham com as ações sugeridas e/ou diferentes Cenários? **34**

5.2 O que dos resultados do NEXUS/XPATHS podem ser apresentados na COP de desertificação e demais COPs? **35**

5.3 Consideracoes finais sobre o Diálogo **36**

LINK PARA ANEXO A - INFORMAÇÕES SOBRE DIÁLOGO DE BRASILIA **39**

SUMÁRIO EXECUTIVO - PROJETO NEXUS

Transição para a sustentabilidade e o nexo água-agricultura-energia: explorando uma abordagem integrativa de estudos dos biomas Cerrado e Caatinga

O projeto NEXUS (https://nexus.ccst.inpe.br), coordenado pelo INPE, desenvolveu uma **abordagem participativa multi-escala**, integrando métodos qualitativos e quantitativos das ciências naturais e sociais, para avaliar a complexa inter-relação e os desafios da produção agrícola, energética e do uso dos recursos hídricos nos biomas da Caatinga e Cerrado brasileiros. Ao longo dos seis anos de duração do projeto (2018-2024), foram coproduzidos diagnósticos dos desafios socioambientais e cenários sobre futuros sustentáveis e justos nos dois biomas. Mais de uma centena de atores locais, regionais e federais, de diferentes setores participaram do processo. A metodologia do processo participativo está descrita no Relatório dos Diálogos Multi-escala[1]. Sintetizamos aqui as principais conclusões derivadas dos resultados das oficinas.

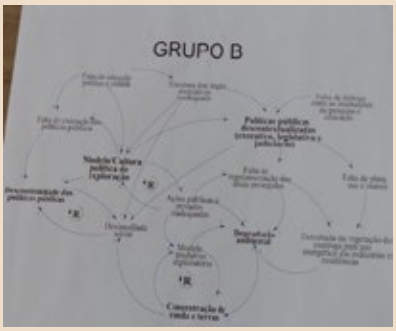
Caminhos alternativos para futuros sustentáveis

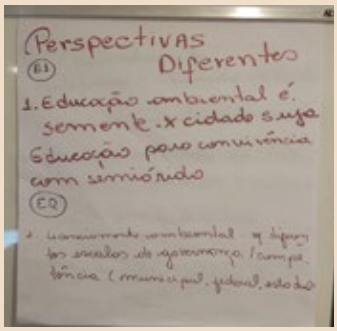
- Duas perspectivas bastante distintas sobre o que seriam futuros sustentáveis e justos (e caminhos para alcançá-los) emergiram durante as oficinas participativas, e posteriormente foram traduzidas em cenários[1] qualitativos (também chamados de narrativas) e quantitativos. O objetivo da construção de cenários que representem caminhos alternativos para futuros sustentáveis é fomentar a discussão sobre os possíveis impactos desses caminhos em diferentes contextos, assim como colocar em evidência tensões existentes na arena da sustentabilidade para que decisões possam ser tomadas considerando múltiplas vozes.

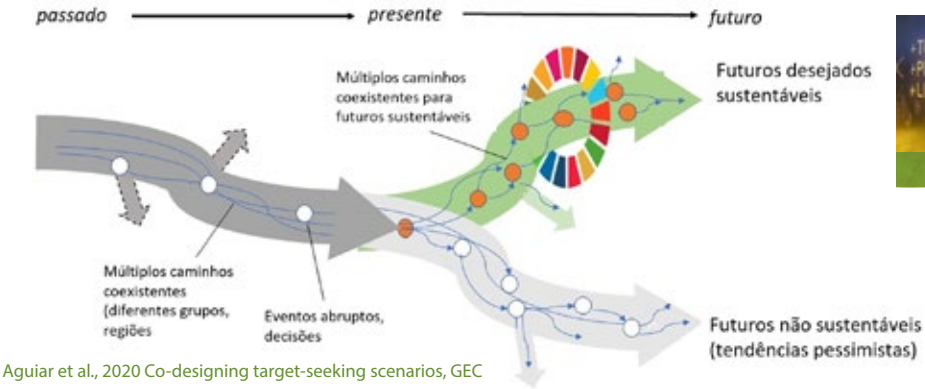
[1] Cenários são histórias - contadas em palavras, gráficos, mapas, etc. - sobre como o futuro pode se desenvolver. Cenários não são previsões. Eles são normalmente construídos em conjuntos representando caminhos alternativos a partir da situação atual, com base em premissas distintas sobre incertezas críticas em determinado contexto.

- O cenário de "**Transição verde**" está alinhado com a narrativa dominante no meio empresarial sobre sustentabilidade, com foco em ganhos de eficiência e soluções tecnológicas (e.g. agricultura de baixo carbono, transição energética liderada por grandes empresas) para solucionar problemas ambientais, com produção agrícola concentrada em áreas muito produtivas, possibilitando a restauração da vegetação natural, porém um futuro cada vez mais urbano. Já o cenário "**Vidas em equilíbrio**" reflete o desejo e luta dos movimentos sociais e povos tradicionais por reconhecimento e coexistência de múltiplos modos de vida, pela transformação dos sistemas produtivos, em particular para a produção de alimentos e energia de modo descentralizado, incluindo o fortalecimento da agricultura familiar e de sistemas agroecológicos.

ANÁLISE DE DIVERGÊNCIAS ENTRE E DENTRO DOS GRUPOS, ENTRE ESCALAS NAS DIVERSAS FASES.







Aguiar et al., 2020 Co-designing target-seeking scenarios, GEC

TRANSIÇÃO VERDE

VIDAS EM EQUILÍBRIO

TENDÊNCIA HISTÓRICA

- As duas narrativas foram transformadas em premissas quantitativas para parametrizar modelos de mudança do uso e cobertura da terra espacialmente explícitos. Foram também consideras no processo de quantificação as narrativas **de cenários globais para o Brasil e metas nacionais**, como por exemplo, a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, sigla em inglês) submetida pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris[2]. Os cenários regionais do NEXUS estão alinhados a uma nova geração de cenários globais representando caminhos alternativos para futuros sustentáveis[3], porém se distinguem por abordar especificidades do contexto brasileiro, através da inclusão de elementos do arcabouço jurídico ambiental brasileiro e questões fundiárias, em particular o futuro da agricultura familiar.

- Os cenários adotam premissas distintas em relação às estratégias para cumprimento das metas estabelecidas. Por exemplo, no cenário "Transição verde", parte do compromisso da NDC seria atingido pela combinação de restauração com espécies nativas e exóticas, incluindo reflorestamento para fins comerciais (silvicultura), enquanto no cenário "Vidas em equilíbrio" majoritariamente pela restauração com espécies nativas. Por outro lado, em ambos os cenários, o Código Florestal Brasileiro é cumprido, entretanto, o próprio código sofre alterações de acordo com as perspectivas dos grupos políticos dominantes. Outras diferenças referem-se a mudanças na infraestrutura e alterações na legislação relativas às terras indígenas e outras áreas protegidas. Em particular, os cenários diferem em relação à estrutura agrária e aos incentivos para a agricultura familiar, visando controlar a concentração fundiária no cenário "Vidas em equilíbrio". Estas diferenças produzem *variações nos indicadores de emissão e absorção de gases de efeito estufa, risco de poluição dos recursos hídricos e pressão sobre os ecossistemas*, entre outros.

[2] https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/mudanca-do-clima/NDC
[3] Projeto SHAPE, Relatório GEO-7 - https://shape-project.org/ e https://www.unep.org/geo/global-environment-outlook-7

Desafios do presente para alcançar esses futuros

- A síntese dos resultados do processo participativo mostra que os participantes das oficinas consideram os seguintes problemas, que estão interconectados e têm impactos múltiplos e interdependentes, como os principais desafios para alcançar os futuros desejados:

    a. Múltiplas desigualdades, que incluem desigualdade de renda e riqueza, no acesso à terra, à água e às instâncias de poder e governança.
    b. Crescente degradação ambiental, em especial a intensificação dos processos de desertificação, mudanças climáticas e perda da biodiversidade. Três problemas que se retroalimentam num círculo vicioso. Alguns dos elementos centrais identificados nos processos de degradação ambiental são: desmatamento, poluição e superexploração dos recursos hídricos e degradação do solo.
    c. Conflitos socioambientais decorrentes dessas múltiplas desigualdades, por exemplo no caso da expansão de megaprojetos (agronegócio, energia, mineração) sem processos de licenciamento e/ou diálogo com as populações locais, afetando a qualidade e o acesso aos recursos naturais e, por vezes, a própria sobrevivência de comunidades.

- Por exemplo, um estudo de **modelagem de dinâmica de sistemas** realizado pelos pesquisadores do projeto sobre a Bacia do Rio Grande[4], principal tributário do Rio São Francisco, mostra que, mantendo-se a trajetória atual, entre 30% e 40% da demanda de irrigação não será atendida a partir de 2025, devido à superexploração dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, que, aliada às mudanças climáticas, reduzem as vazões superficiais e o fluxo base dos corpos d'água. Essa redução no fluxo tem o potencial de comprometer o atendimento a usos múltiplos na bacia (populações ribeirinhas e outros povos que dependem da água do rio, o abastecimento urbano, além do próprio agronegócio), além de comprometer a disponibilidade de água para toda a bacia do Rio São Francisco.

[4] Martins, M.A.; Collste, D.; Silva, F.G.B.; Miranda, M.A.C.N.; Gonçalves, A.R.; Barros, J.D.; Cardoso, M.F.; Silvino, A.S.; Sonetti-González, T.; Ometto, J.P.H.B.; von Randow, C.; Tomasella, J.; Aguiar, A.P.D. Long-term Sustainability of the Water-Agriculture-Energy Nexus in Brazil's MATOPIBA region: a Case Study Using System Dynamics. *Ambio* (no prelo 2024).

- Como principais causas sistêmicas desses problemas, os participantes das oficinas enfatizaram *a descontinuidade dos planos e políticas públicas,* o que reforça a baixa qualidade dos serviços e as múltiplas desigualdades. Outra causa repetidamente mencionada foi a crescente importância das *commodities* (alimentos, minérios, energia) na balança comercial do pais, que reforçam a histórica concentração de terras, de poder político e riqueza em determinados setores. Para enfrentar esses desafios, as soluções propostas pelos participantes visam fomentar um *novo modelo de desenvolvimento baseado na diversidade socioambiental* da região (e do país), com o objetivo de reverter a crescente dependência econômica de *commodities*, o processo de desindustrialização e as múltiplas desigualdades. Entre as diversas ações discutidas nas oficinas, destacam-se:

    a. Um amplo programa de capacitação ambiental e política integrando toda a Bacia do Rio São Francisco, visando a conscientização socioambiental e a criação de novas lideranças.
    b. Um programa de regularização fundiária adequado ao contexto da região, incluindo a reforma agrária e a demarcação de terras para as populações tradicionais, com o objetivo de minimizar os efeitos do processo histórico de concentração de terras e proteger os modos de vida tradicionais.
    c. O fortalecimento dos arcabouços legais, como os de licenciamento de grandes empreendimentos para geração de energia e outorgas de uso de água para irrigação, *considerando impactos cumulativos no território*.
    d. Ações conjuntas do Estado e da sociedade civil junto a mercados internacionais, com o objetivo de conscientizar sobre os múltiplos impactos socioambientais das *commodities* nos diversos biomas brasileiros.

Qual caminho seguir?

- O objetivo do projeto NEXUS não foi apresentar caminhos ou soluções ideais, mas elucidar os múltiplos discursos sobre sustentabilidade e seus possíveis impactos combinando métodos qualitativos e quantitativos, incluindo como essas narrativas e caminhos interagem com os principais desafios do presente e suas causas sistêmicas.

- Embora elementos das duas narrativas já coexistam no presente, elas interagem de modo distinto com as dinâmicas sistêmicas mencionadas anteriormente. Existem obviamente desequilíbrios de forças e conflitos decorrentes dessas disparidades. Por exemplo, participantes dos movimentos sociais, em um momento bastante tenso em uma das oficinas, questionaram "até quando serão necessárias zonas de sacrifício para expansão do capital?", se referindo aos impactos da expansão dos megaempreendimentos de energias renováveis. Entre os participantes mais alinhados à narrativa de "Transição verde", um dos pontos de divergência diz respeito aos limites do crescimento econômico (e expansão das atividades) vis-à-vis os limites dos recursos naturais (e.g. disponibilidade de água para irrigação). Por outro lado, eles trazem para o debate os benefícios macroeconômicos da exportação de *commodities* e questionamentos sobre a viabilidade de modelos de desenvolvimento alternativos, ou mesmo da continuidade de modos de vida rurais. Uma constante em ambas as narrativas é a preocupação com a qualidade de vida nos centros urbanos e alternativas econômicas.

- Esperamos que o método desenvolvido e as reflexões coletivamente construídas neste projeto possam contribuir para aumentar a clareza e elucidar as nuances do debate sobre o futuro que queremos e as formas de alcançá-lo, ou pelo menos de evitar as consequências das tendências atuais, que podem levar a um futuro indesejado para todos.

1 Introdução

O projeto “NEXUS - Transição para a sustentabilidade e o nexo agricultura-energia-água: uma abordagem integradora no Cerrado e Caatinga” teve como objetivo analisar estratégias para alcançar futuros sustentáveis com foco particular na Bacia do Rio São Francisco, localizada na interface entre os biomas Cerrado e Caatinga. A Bacia do Rio São Francisco é de extrema importância econômica, ecológica e cultural para o semiárido brasiliero. É também fundamental para o fornecimento de água, alimentos e energia não só para a região, mas para o mundo, ao mesmo tempo que enfrenta conflitos socioambientais, como os múltiplos usos da água e terra.

Ao longo dos seis anos de duração do projeto (2018-2024), foram co-produzidos cenários e indicadores que conciliam as dimensões econômica, social e ambiental na produção agrícola e energética, sempre alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). O projeto foi financiado pela Fundação de Apoia à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e liderado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em parceria com diversas organizações localizadas

nos dois biomas. O projeto adotou uma abordagem metodológica multiescalar e transdisciplinar, integrando métodos qualitativos e quantitativos das ciências naturais e sociais, como detalhado na Seção 2 deste documento.

A adoção de processos participativos multiescala para discussão de futuros sustentáveis e justos baseia-se na premissa de que, a fim de implementar metas definidas globalmente (como os ODS e metas do acordo de Paris), é necessário fomentar a discus. Para isso, processos participativos precisam captar a pluralidade de perspectivas na sociedade sobre o tema da sustentabilidade, incluindo assimetrias de poder. É também necessário entender e dialogar com as perspectivas globais sobre sustentabilidade, sem no entanto impô-las ao contexto local.

Este documento sintetiza as principais conclusões dos componentes de Indicadores, Cenários e Modelagem do projeto, organizadas em diagnósticos sobre o **Presente** (Seção 3) e o **Futuro** (Seção 4). A Seção 5 sumariza os principais resultados do Workshop Final do Projeto, realizado em 16 de julho de 2024, em Brasília[6]. O evento teve por objetivos: (a) promover um diálogo entre atores das escalas locais, regionais, nacional e global sobre caminhos alternativos para sustentabilidade, com base nas principais conclusões do projeto; (b) discutir como os resultados do projeto podem ajudar a subsidiar a participação do Brasil na COP 16, na Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD). Finalmente, a Seção 6 apresenta considerações sobre possíveis desdobramentos do projeto.

Para mais informações visite nexus.ccst.inpe.br.

[6] "Conectando escalas e perspectivas sobre caminhos para Sustentabilidade no Cerrado, Caatinga e Bacia do São Francisco e área de transposição" Planalto Bittar Hotel e Eventos, Setor Hoteleiro Sul, Quadra 3 Bloco A Brasília, DF, 16 de Julho de 2024, das 8:30 às 12:30.

2 Abordagem metodológica

Como ilustrado na Figura 1, o Projeto NEXUS teve como fio condutor um **processo participativo multiescala** baseado numa abordagem que combina o pensamento sistêmico e o método dos Três Horizontes (denominada 3H-CLD, ver Box 1).

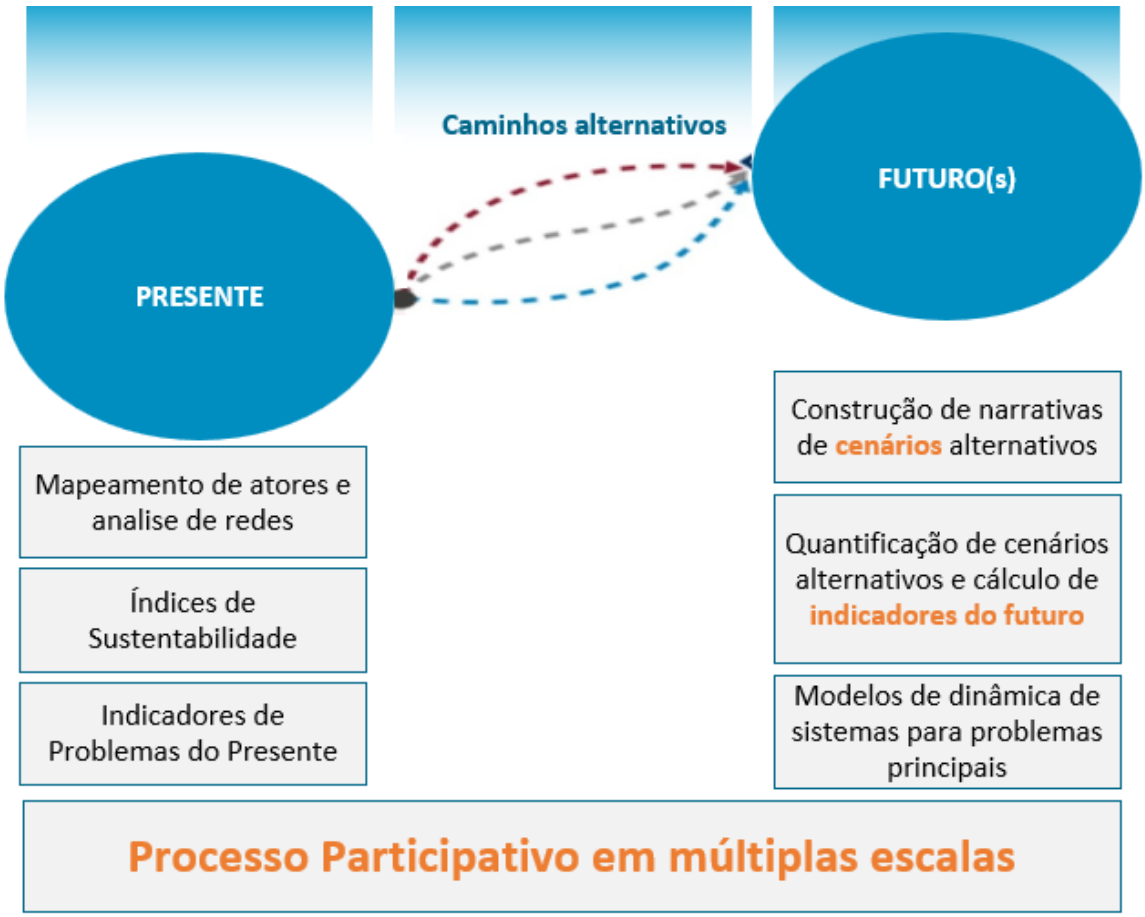


Figura 1: Representação da abordagem metodológica do Projeto Nexus.

Para selecionar as áreas de estudo locais e elaborar um diagnóstico inicial da região, foi realizado um amplo levantamento de indicadores para construção de índices de sustentabilidade, refletindo a situação atual e heterogeneidade dos dois biomas (Seção 2.1). O resultado desses índices e indicadores serviu para fornecer um diagnóstico "*baseline*" da área de estudo dos biomas, direcionando esforços para as demais atividades e produtos do Projeto. Foram gerados índices encadeados da seguinte forma: um índice para cada Meta dos ODS, que alimentaram os índices dos ODS, e que, por sua vez, alimentaram os índices do nexo água-energia-alimentos.

Com base na análise desses indicadores e em consultas com parceiros locais, foram selecionados três conjuntos de municípios adotados como a escala "local" do Projeto. Esses conjuntos de municípios estão todos localizados no Semiárido brasileiro e apresentam diferentes características em relação ao nexo água-energia-alimentos. Os conjuntos de municípios são:

- **Campina Grande e municípios vizinhos:** Área de transposição do Rio São Francisco na região mais seca do Semiárido.

- **Petrolina/Juazeiro e municípios vizinhos:** Pólo de produção de frutas irrigadas às margens do Rio São Francisco, onde também estão localizadas hidrelétricas de grande porte.

- **Barreiras e municípios vizinhos:** No Oeste da Bahia, interseção do semiárido com o Matopiba, crítico no contexto da produção de *commodities* agrícolas e irrigação em larga escala.

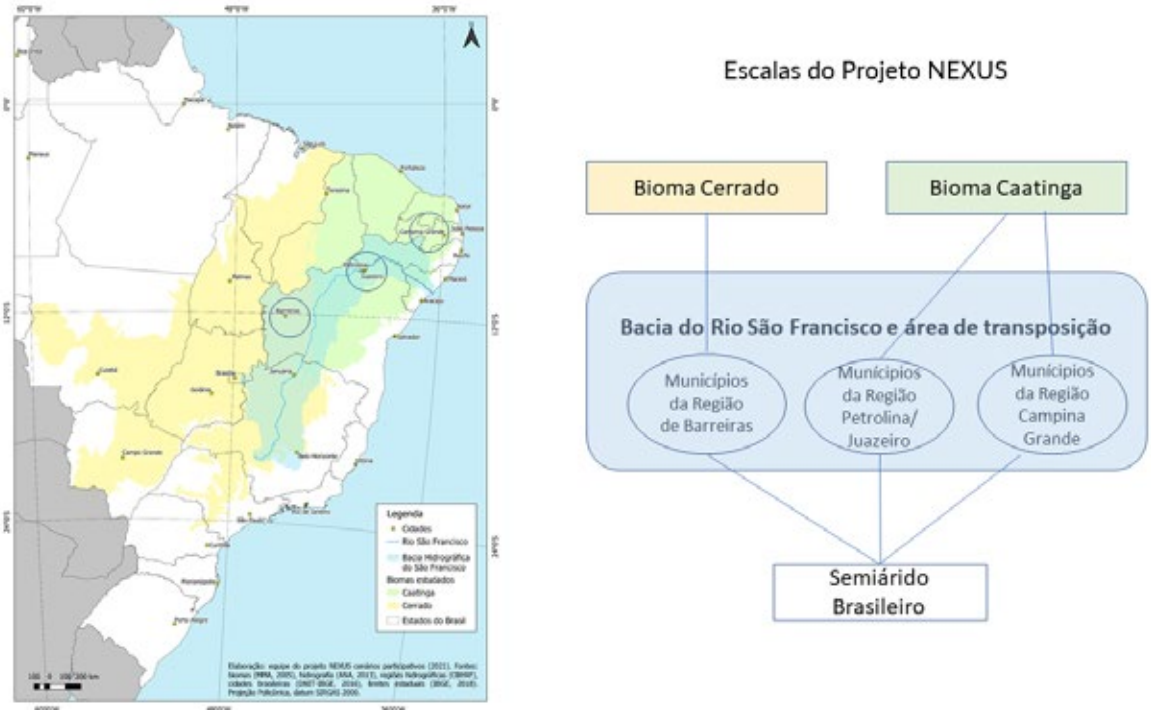


Figura 2 - Escalas do Projeto NEXUS.

Os diálogos participativos focaram na discussão dos problemas atuais (presente), suas causas, os futuros desejados e as estratégias para alcançá-los. As oficinas foram realizadas no período de outubro de 2021 a agosto de 2022. Ao longo do processo, 100 indivíduos de diversos setores da sociedade (setor

privado, sociedade civil, academia, governo e órgãos internacionais) , em diferentes contextos geográficos, participaram de diálogos organizados pela equipe de pesquisadores do NEXUS. Os atores foram selecionados por meio de questionários e utilizando o método NETMAP (Schiffer, Hauck 2010)[7] . Além de subsidiar a seleção de atores para o processo participativo, foi realizada uma análise multiescalar e espacial quali-quantitativa das redes de parcerias focadas na sustentabilidade dos biomas Caatinga e Cerrado (Seção 2.2). A descrição completa dos métodos e resultados das oficinas estão no Relatório dos Diálogos Multiescala 3H-CLD dos Projetos NEXUS e XPATHS (https://zenodo.org/records/10197094).

Com base nos resultados do processo participativo, diversas análises foram realizadas:

- Seleção de um subconjunto dos indicadores atuais representando os principais problemas emergentes dos diálogos (Seção 3.3);

- Concepção conjunta de narrativas alternativas sobre futuros sustentáveis para a região (Seção 4.1);

- Quantificação das narrativas usando uma estrutura de modelagem de uso da terra espacialmente explícita e seus impactos traduzidos em um conjunto significativo de indicadores socioambientais incluindo água, vegetação, biodiversidade, agricultura, energia, ciclos biogeoquímicos entre outros (Seção 4.2);

- Finalmente, modelos de dinâmicas de sistemas sobre problemas específicos levantados durante as oficinas (Seção 4.3).

[7] Schiffer, E., & Hauck, J. (2010). Net-Map: collecting social network data and facilitating network learning through participatory influence network mapping. Field methods, 22(3), 231-24

BOX 1 VISÃO GERAL DA ABORDAGEM 3H-CLD

A abordagem 3H-CLD (Três Horizontes combinados a Diagramas de Loop Causais) tem por objetivo a coprodução de conhecimento em uma série de oficinas organizadas em diferentes escalas geográficas. Em cada oficina, os participantes são organizados em pequenos grupos para discutir futuros sustentáveis para uma determinada região ou localidade. Cada oficina/grupo produz resultados semelhantes, que são posteriormente integrados e analisados. O trabalho dentro de cada grupo segue sempre a mesma estrutura guiada pelo diagrama dos Três Horizontes e se desdobra em três etapas. Os participantes são solicitados a escrever seus pensamentos em *post-its* em três ETAPAS distintas:

Na **ETAPA 1**, os participantes de cada grupo são convidados a discutir suas aspirações em relação a um futuro sustentável e justo para sua região, considerando múltiplas dimensões da sustentabilidade. No final da ETAPA 1, os post-its são sintetizados como produtos criativos (por exemplo, cartas, desenhos, peças de teatro) que visam apreender e internalizar as aspirações coletivas do grupo.

Na **ETAPA 2**, os participantes são convidados a priorizar alguns desafios. Eles então são convidados a refletir coletivamente sobre as causas desses desafios, construindo diagramas de *loop* causal ("Causal Loop Diagrams", CLDs), uma ferramenta de pensamento sistêmico. Os CLDs são o principal resultado do ETAPA 2 e são a base para identificar pontos de alavancagem para mudanças transformadoras (ETAPA 3).

Na **ETAPA 3**, os participantes exploram "Como alcançar o futuro desejado a partir do presente". Com base nos CLDs construídos coletivamente na ETAPA 2, os participantes são convidados a propor ações que possam romper os problemas sistêmicos identificados. As ações abordam, portanto, os problemas centrais de uma determinada região, suas causas e relacionamentos.

As divergências, ou seja, diferenças de perspectivas, pontos de vista ou valores, entre os participantes do mesmo grupo ou entre os grupos são cuidadosamente documentadas. Essas diferenças são fundamentais para revelar uma compreensão mais profunda do espaço de solução para possíveis transformações.

Uma oficina presencial típica na abordagem 3H-CLD geralmente dura um dia e meio, com alguns grupos trabalhando em paralelo. Durante a oficina, os seguintes produtos são gerados em cada grupo: (a) Futuros Desejados (*post-its* originais da ETAPA 1 e agrupados em temas semelhantes); (b) Processos criativos ilustrando/iluminando e sintetizando futuros desejados; (c) "Boas sementes" (iniciativas) do futuro já existentes no presente; (d) Problemas/desafios do presente (*post-its* originais da ETAPA 2 e agrupados em temas semelhantes); (d) Compreensão sistêmica das raízes dos problemas e atores envolvidos (representadas em um ou mais CLD); (e) Ações para alcançar futuros sustentáveis e cultivar sementes (*post-its* originais da ETAPA 3 e agrupados em temas semelhantes); (f) Divergências observadas durante a oficina (dentro / entre grupos).

Após as oficinas, inicia-se a tarefa de integrar, sintetizar e analisar os dados gerados por todos os grupos e em todas as escalas, envolvendo pesquisadores e participantes. Vários produtos podem ser derivados dos dados coletados. Por exemplo, as divergências dão origem às diferentes narrativas do NEXUS. A integração dos CLD foi a base para a construção do Plano de Ação Estratégica do XPaths. Para maiores informações, consultar https://nexus.ccst.inpe.br/processo-participativo.

3 Diagnóstico do presente

3.1 Índices de sustentabilidade

Antes de iniciar o processo participativo 3H-CLD, foram gerados inicialmente 137 indicadores (em sua maior parte utilizando dados secundários em escala municipal) para compor índices que representassem o monitoramento das metas e objetivos da Agenda 2030 e ao mesmo tempo o equilíbrio do nexo água-energia-alimentos nos biomas Cerrado e Caatinga. Com base numa análise de agrupamentos e consulta a parceiros locais, foram selecionados municípios para a realização das oficinas.

A metodologia para construção de indicadores e sua composição em índices está descrita em detalhe na publicação Arcoverde et al. 2023[8], e envolve etapas de construção de um arcabouço teórico inicial, seleção de variáveis relevantes, análises multivariadas e normalização de dados em indicadores, análises de robustez e sensibilidade, agregação em índices e apresentação e disseminação (Figura 3). Todos os indicadores e mapas estão disponibilizados no material suplementar desta publicação. O estudo aponta a ampla heterogeneidade dos biomas em termos de alcance dos ODS e do nexo água-energia-alimentos, e destaca a metodologia robusta que pode ser reaplicada quando dados censitários atualizados estiverem disponíveis.

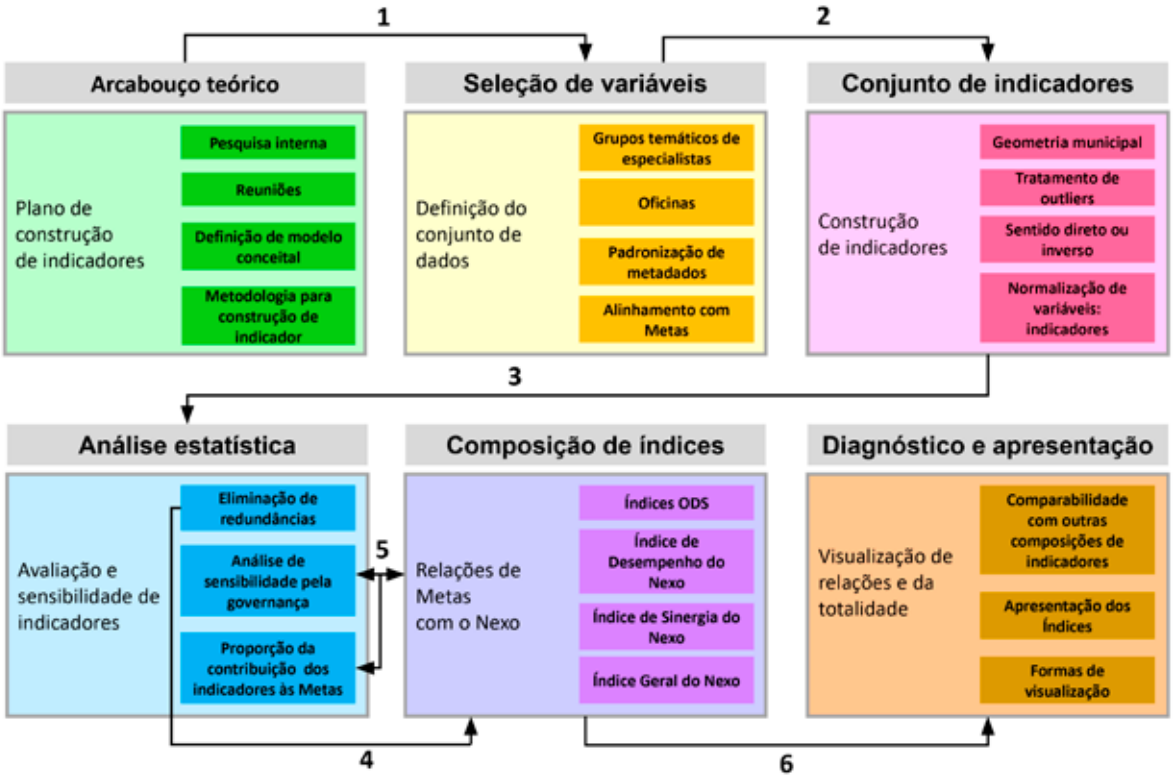


Figura 3 - Estrutura metodológica desenvolvida pelo time do LADIS (Laboratório de Desenvolvimento de Indicadores de Sustentabilidade, https://www.ladis-inpe.com) do INPE, para a construção de indicadores e sua composição em índices.

[8] Arcoverde, Gustavo Felipe Balué, Julia Alves Menezes, Mariana Gutierres Arteiro Paz, Jocilene Dantas Barros, Janaína Ferreira Guidolini, Evandro Albiach Branco, Pedro Ribeiro De Andrade, Sergio Mantovani Paiva Pulice, and Jean Pierre Henry Balbaud Ometto. 2023. 'Sustainability Assessment of Cerrado and Caatinga Biomes in Brazil: A Proposal for Collaborative Index Construction in the Context of the 2030 Agenda and the Water-Energy-Food Nexus'. Frontiers in Physics 10 (January). https://doi.org/10.3389/fphy.2022.1060182.

3.2 Redes de atores nos dois biomas

A análise espacial quali-quantitativa das redes de parcerias focadas na sustentabilidade e suas narrativas nos biomas da Caatinga e do Cerrado revelou os principais atores, suas localizações, escalas de atuação e interações, evidenciando aspectos e lacunas para o desenvolvimento de um futuro sustentável para essas regiões. O mapeamento de atores, realizado através de questionários e da co-construção de NetMaps, permitiu a identificação de 394 organizações apontadas como relevantes para a sustentabilidade dos biomas. Entre os principais resultados[9], destacam-se:

1. Foi constatada uma diferença **estrutural entre as redes de parcerias na Caatinga e no Cerrado**, com pouca intersecção de parcerias entre elas (Figura 4.a). Na Caatinga, a rede apresentou-se mais dispersa, com a Articulação no Semi-Árido (ASA) destacando-se como um ponto central. Aqui, ressalta-se a influência significativa dos movimentos sociais na promoção da sustentabilidade. Por outro lado, o Cerrado apresenta uma rede mais clivada, onde as organizações dos movimentos sociais estão mais à margem e a participação do setor produtivo privado predominam, por exemplo, a Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia (AIBA) e a Associação Baiana dos Produtores de Algodão (ABAPA).

2. A pesquisa evidenciou também a ausência de uma centralidade evidente de organizações internacionais nas redes analisadas (Figura 4.b). Este resultado sugere uma lacuna no suporte global, e a importância de ampliar as parcerias internacionais e de promover a agenda de sustentabilidade da Caatinga e do Cerrado a um patamar global. Por outro lado, demonstra a endogenia e força dos movimentos sociais locais, bem representados, por exemplo, pela força da ASA e conquistas do paradigma de convivência com o semiárido (Pérez-Marin et al., 2017)[10].

[9] Silvino et al. Redes de colaboração para a sustentabilidade do NEXUS água, energia e alimento na Caatinga e no Cerrado: uma abordagem participativa, multinível e multimétodo (em preparação).
[10] Pérez-Marin, A. M., Rogé, P., Altieri, M. A., Ulloa Forero, L. F., Silveira, L., Oliveira, V. M., & Domingues-Leiva, B. E. (2017). Agroecological and social transformations for coexistence with semi-aridity in Brazil. Sustainability, 9(6), 990. https://www.mdpi.com/2071-1050/9/6/990

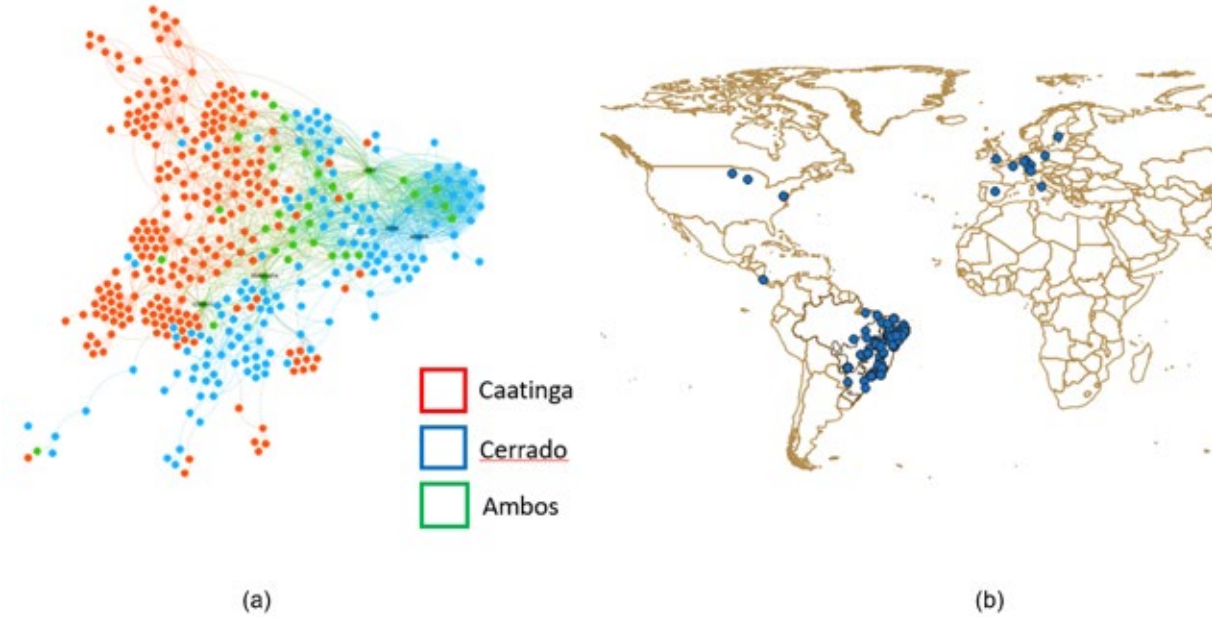


Figura 4 - Resultados da análise de redes.

3.3 Principais desafios do presente

A análise dos resultados das oficinas 3H-CLD nas múltiplas escalas apontou alguns problemas interligados como sendo os mais relevantes no presente. A premissa de todo processo participativo é que a busca da sustentabilidade, traduzida de maneira geral pelos ODS, pode ser também compreendida como a busca da superação dos problemas centrais de cada região, a partir do entendimento de suas causas relacionais e estruturas sistêmicas. Entre as questões apontadas pelos participantes, destacam-se (Figura 5):

- Concentração fundiária (Figura 5.a);
- Degradação ambiental (desmatamento, degradação do solo e poluição e superexploração dos corpos hídricos) (Figura 5b-5.f);
- Conflitos socioambientais (Figura 5.g-5.h).

O acesso à terra no Brasil tem se mantido praticamente inalterado nas últimas décadas, o que coloca o Brasil em uma posição de destaque entre os países com maior desigualdade na distribuição de terras globalmente. A média brasileira para o índice de Gini da estrutura agrária é 0,74 (IBGE, 2017). Os dados do índice de Gini da estrutura agrária nos municípios que compõem as diferentes escalas do projeto não diferem muito da média nacional.

Por exemplo, o Cerrado apresentou um índice de Gini da estrutura agrária em torno de 0,75, enquanto áreas como Caatinga e a Bacia do São Francisco têm valores próximos a 0,76. Destaque se dá aos municípios do Oeste da Bahia, Leste do Piauí e Norte do Maranhão, que apresentaram valores próximos a 0,85. Esses valores permaneceram relativamente estáveis ao longo do tempo (IBGE, 2006, 2017), sugerindo uma falta de eficácia das políticas públicas em promover uma distribuição de terras mais equitativa. Essa desigualdade foi considerada como a origem de desafios como dependência de *commodities*, degradação ambiental e conflitos sociais.

É importante observar que áreas críticas de desmatamento, degradação ambiental e conflitos sociais estão concentradas em certas regiões. Os municípios mais afetados incluem Formosa do Rio Preto, Correntina e São Desidério, no Cerrado, e Mundo Novo, Jacobina e Itapera, na Caatinga. Regiões como Barreiras e Petrolina são particularmente críticas, com altos índices de desmatamento (Figura 5.b).

Além disso, a perda de produtividade da terra, outro indicador de degradação ambiental, é uma preocupação crescente, especialmente em áreas de fronteira agrícola como o MATOPIBA (Figura 5.c). Cerca de 17% da área do Cerrado apresentou perda de produtividade durante o período de 2000 a 2020, com a região de Barreiras apresentando um percentual ainda mais alto de perda de produtividade (~27%). Um dos fatores que levam a essa perda está relacionado à conversão de áreas de vegetação natural para áreas agrícolas, por exemplo.

A eficiência do uso do nitrogênio (NUE) (Figura 5.d) é geralmente maior no Cerrado ocidental, enquanto as áreas nordestinas da Caatinga tendem a apresentar uma menor NUE, o que significa um alto risco de perda de nutrientes para ambientes adjacentes e está relacionado às diferenças na fertilidade do solo, práticas de uso da terra e manejo agrícola nessas regiões.

Essa situação é agravada pela condição dos corpos d'água, medida pelo Índice de Qualidade da Água (IQA) (Figura 5.e). Embora o IQA apresente valores geralmente bons em muitas regiões, o Índice de Risco de Poluição da Água (RPA) (Figura 5.f) revela um risco significativo de eutrofização, especialmente em áreas urbanas e regiões com agricultura intensiva, como o oeste da Bahia.

Finalmente, os conflitos socioambientais também são uma preocupação crescente, com um aumento notável no número de famílias afetadas por conflitos de terra (Figura 5.g) e água (Figura 5.h). Enquanto na Caatinga houve uma redução de 2% no número de famílias afetadas por conflitos, comparando a década de 2012-2021 com a de 2002-2011, no Cerrado e na Bacia do São Francisco houve um aumento de cerca de 15%. No entanto, esse número é muito mais expressivo quando se trata de conflitos por água. Na Caatinga, houve um aumento de 55% no número de famílias afetadas, enquanto no Cerrado, esse aumento foi de 60%. Especialmente, dentro da Bacia do Rio São Francisco, o aumento atingiu cerca de 120%, comparando a década de 2012-2021 com a de 2002-2011. Vale ressaltar que, na última década, os municípios de Correntina e Jaborandi contabilizaram mais de 15.000 famílias afetadas por conflitos relacionados à água, muitas vezes ligados à apropriação de recursos hídricos e construção de infraestrutura hidrelétrica.

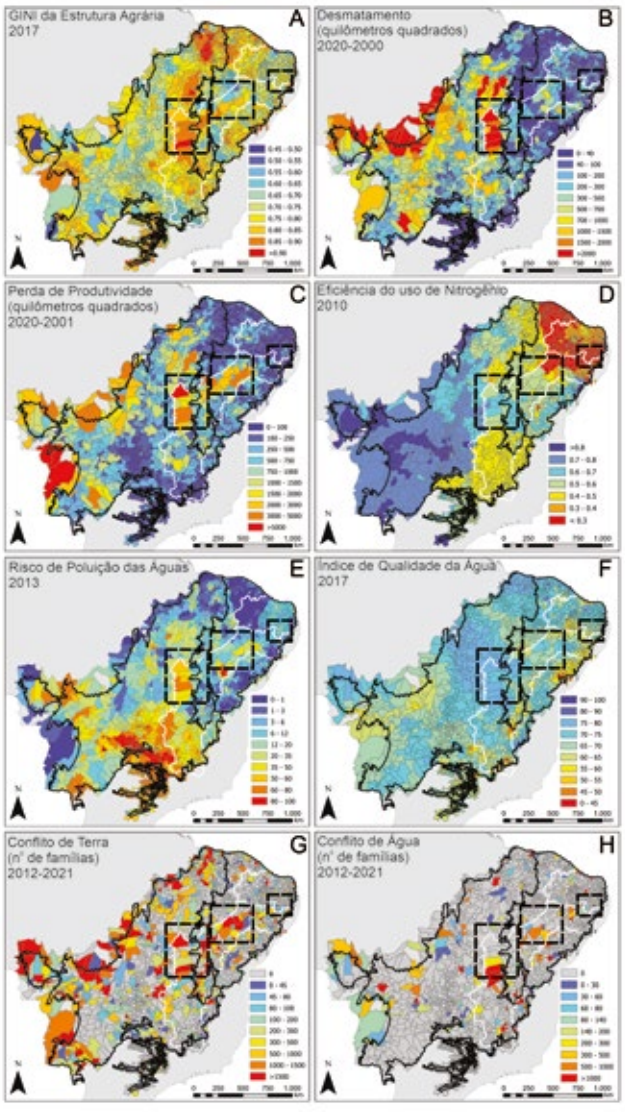


Figura 5: a) índice de Gini da estrutura agrária (2017), b) desmatamento (2000-2020), c) perda da produtividade da terra (2001-2020), d) índice de eficiência do uso de nitrogênio (2010), e) índice de Risco de Poluição de Águas (2013), f) índice de Qualidade da água (2017), g) número de famílias afetadas por conflitos de terra (2012-2021), e h) número de famílias afetadas por conflitos de água.

4 Futuro(s) e caminhos alternativos

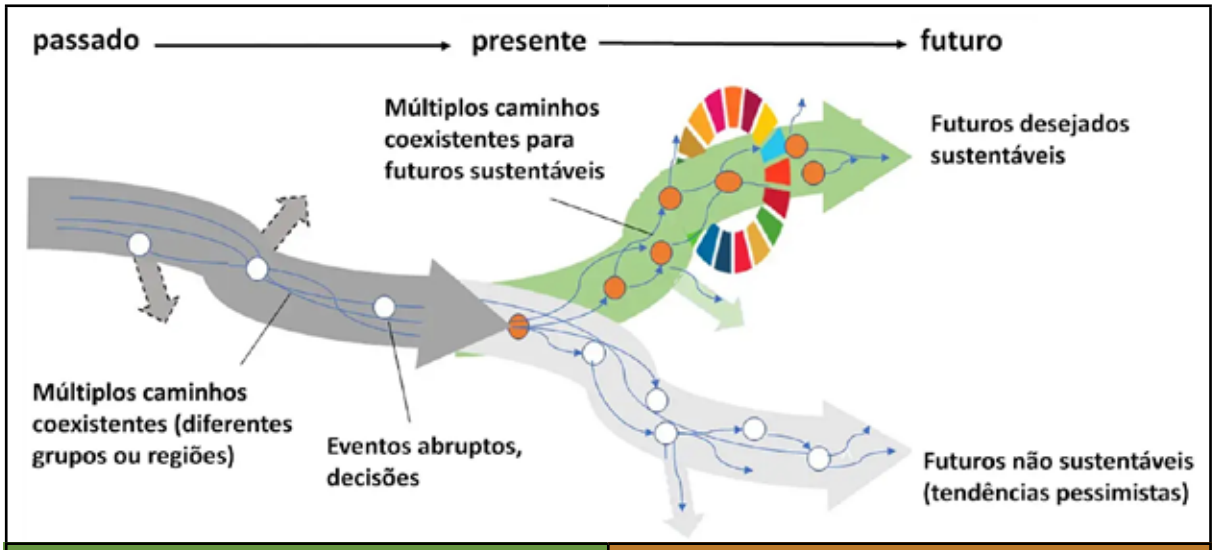
4.1 Diferentes visões sobre o futuro e sobre como alcançá-los

Duas narrativas alternativas sobre futuros sustentáveis e justos emergiram a partir das oficinas do processo participativo: **(1) Vidas em Equilíbrio** e **(2) Transição Verde.** Elas refletem, em linhas gerais, diferentes perspectivas e visões de mundo dos participantes provenientes dos movimentos sociais e populações tradicionais de um lado, e setores econômicos dominantes, como o agronegócio, do outro. A narrativa Vidas em Equilíbrio apresenta estratégias que buscam superar a centralidade das decisões baseadas no lucro capitalista e destacar a importância da solidariedade, do respeito, da igualdade e do multiculturalismo para uma sociedade sustentável; enquanto a narrativa do Transição Verde centra as suas estratégias no crescimento econômico ligado aos mercados globais, à criação de emprego, à urbanização e às soluções tecnológicas, contando com uma sociedade global culturalmente homogênea para alcançar a sustentabilidade.

Estas narrativas se alinham, embora não se limitem, a narrativas de novos cenários globais representando caminhos para os futuros sustentáveis, em particular as SDPs ("Sustainable Development Pathways") do Consórcio SHAPE e aos novos cenários do Relatório GEO-7 Outlooks na UNEP. O processo das oficinas e o método para construção das narrativas estão detalhados no Relatório das Oficinas e na publicação Aguiar et al. (2020)[11].

[11] Aguiar, Ana Paula D., David Collste, Zuzana V. Harmáčková, Laura Pereira, Odirilwe Selomane, Diego Galafassi, Detlef Van Vuuren, and Sander Van Der Leeuw. 2020. 'Co-Designing Global Target-Seeking Scenarios: A Cross-Scale Participatory Process for Capturing Multiple Perspectives on Pathways to Sustainability'. Global Environmental Change 65 (November):102198. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102198.

Tabela 1 - Principais diferenças das narrativas.



TRANSIÇÃO VERDE Eficiência Soluções tecnológicas	**VIDAS EM EQUILÍBRIO** Suficiência Transformação nos valores
Economia capitalista, com foco na eficiência, tecnificação para minimizar impactos socioambientais. Sociedade mais urbana, cosmopolita. Geração de empregos urbanos através da diversificação de fontes econômicas de renda. Agricultura de baixo carbono, de precisão, intensificação, irrigação eficiente. Educação técnica. Energias renováveis (energia limpa) de modo centralizado. Motor de transformação: mercado verde.	Foco no bem-viver (economia solidária, pós-capitalista). Sociedade rural-urbana, multicultural. Incorporação de conhecimentos de povos tradicionais e de seus modos de vida nos valores da sociedade. Menos concentração de terras, maior acesso aos recursos naturais. Energias renováveis quando necessário e de modo descentralizado. Educação contextualizada. Ênfase na restauração da Caatinga e Cerrado. Motor de transformação: sociedade civil, mudança profunda em valores.

4.2 Quantificando narrativas: Indicadores de sustentabilidade futuro

Cenários espacialmente explícitos de mudanças de uso da terra

Cenários quantitativos alternativos foram então criados através do arcabouço de modelagem espacialmente explícita LuccME (luccme.ccst.inpe.br). Estes cenários representam como a evolução das mudanças no uso do solo poderia ocorrer de acordo com o futuro descrito em cada uma das narrativas até 2040. A análise também incluiu a quantificação de um cenário seguindo as tendências atuais (identificado nas figuras e tabelas por "tendência histórica"). As classes de uso da terra representam o percentual de vegetação natural, pastagem manejada, agricultura, floresta plantada, áreas urbanas e mosaico de usos múltiplos (usado para representar a agricultura familiar de pequena escala) em cada célula de 10x10 km^2 (Figura 6).

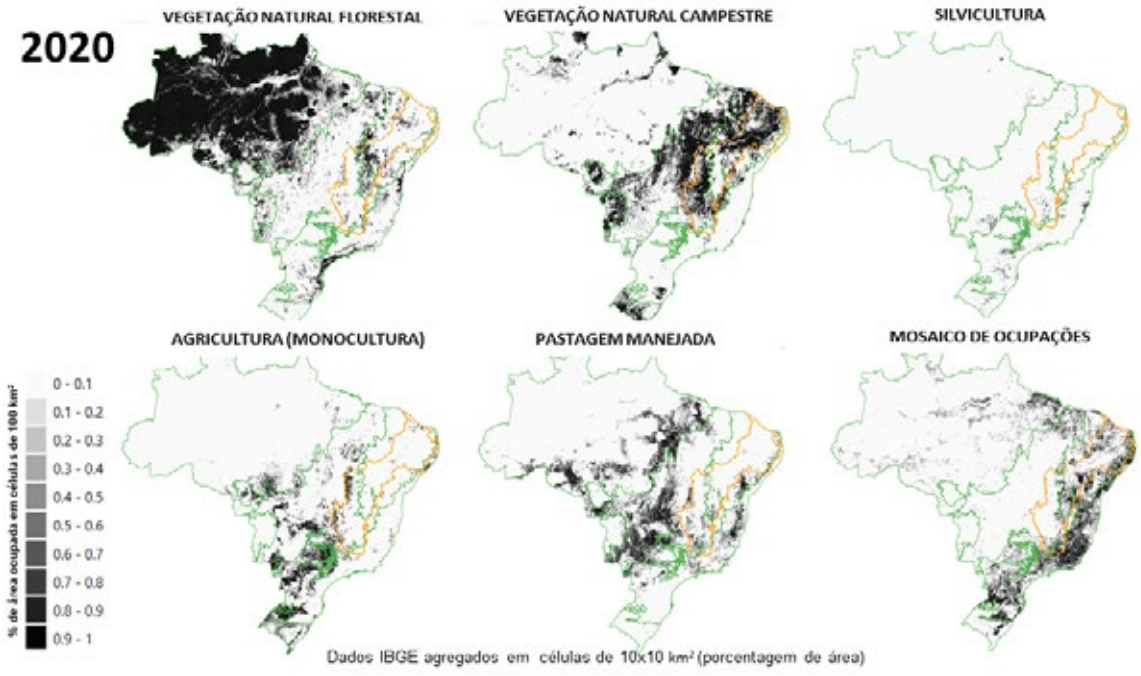
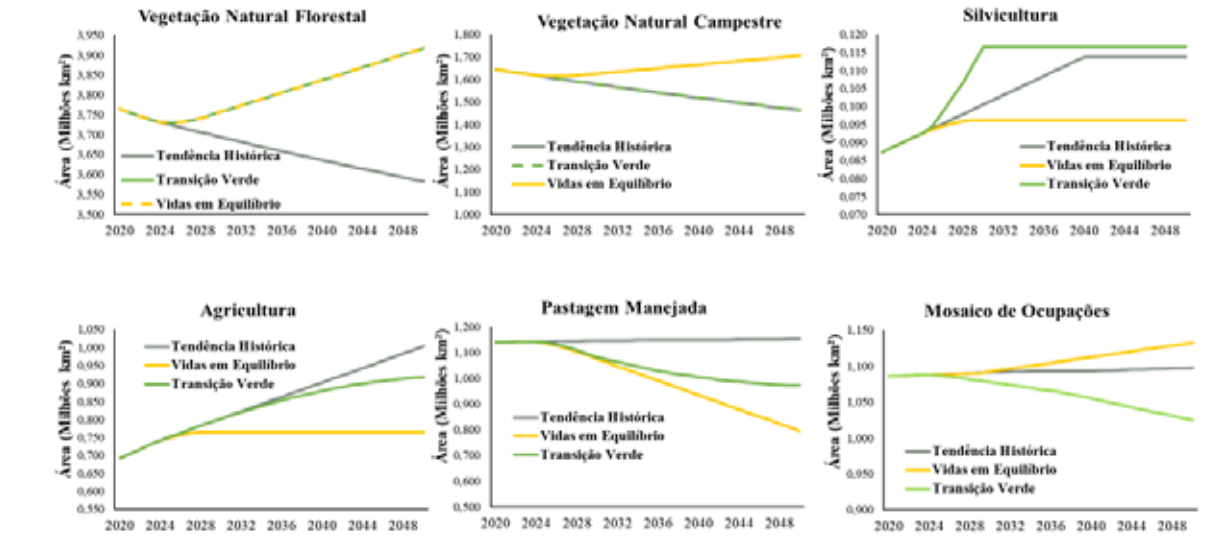


Figura 6 - Padrões de uso da terra em 2020 (fonte: IBGE).

Utilizando o LuccME foram geradas projeções anuais dessas classes de 2020 a 2040, sintetizadas na Figura 7.



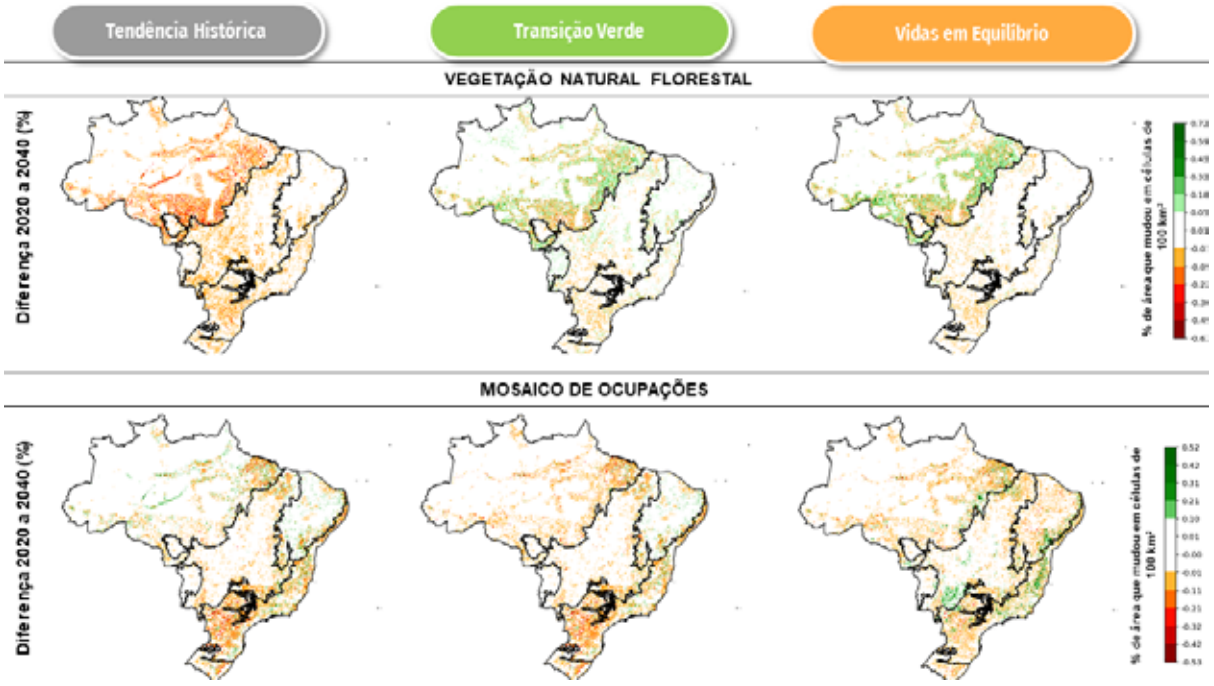


Figura 7: (a) Projeção da quantidade de área para cada uso da terra (componente de demanda do LuccME), estimada com base nas premissas dos cenários; (b) Distribuição espacial dos usos da terra projetadas para os três cenários (componentes de potencial e alocação do LuccME) - exemplo das classes Vegetação Natural Florestal e Mosaico de Ocupações entre 2020 e 2040.

Entendendo as projeções

As projeções foram geradas a partir de premissas alternativas baseadas nas narrativas da Tabela 2. A quantificação dos três cenários adotou diferentes premissas em relação a: (a) o arcabouço jurídico ambiental brasileiro, em particular, sua Contribuição Nacional Determinada e a legislação ambiental (ou seja, a Lei do Código Florestal); (b) maior ou menor apoio à agricultura familiar (mosaico) ou larga escala; e (c) diferentes premissas em relação à infraestrutura, estrutura agrária e áreas especiais. A Tabela 2 sintetiza as principais diferenças entre os cenários.

Tabela 2 - Premissas para quantificação dos cenários

Categoria	Tendência Histórica.	Transição Verde.	Vidas em equilíbrio.
Legislação ambiental	Taxas de desmatamento se mantêm em todos os biomas. NDC não cumprida. Flexibilização: Passivo do Código Florestal não regularizado.	NDC cumprida, parcialmente com Floresta Plantada. Desmatamento Zero na Amazônia. 12 Mha restaurados até 2030, 24 Mha até 2050 (Programa Arco da Restauração) Vegetação campestre retirada do Código Florestal, logo desmatamento continua na Caatinga e Cerrado. Sem restauração nesses biomas.	Desmatamento Zero na Amazônia. Restauração de 12 Mha. Proteção e restauração de outros biomas, além da Amazônia.

Agricultura e Pecuária	Agricultura de larga escala continua crescendo nas taxas atuais (pequena desaceleração). A área total de pecuária permanece constante, mas sendo substituída por agricultura.	Agricultura de larga escala continua crescendo nas taxas atuais (desaceleração). Área total de pecuária decresce, assim como mosaico.	Agricultura de larga escala se mantém, e Transição da área de agricultura familiar e sistemas agroflorestais. A área de pastagem plantada diminuiu bastante.
Áreas especiais	**Unidades de Conservação, Áreas Quilombolas e Assentamentos de Uso Sustentável** continuam a existir com o desenho atual, mas bastante pressionados pelo entorno. TIs: Marco Temporal entra em vigor em 2030, o que em geral significa a extinção das TIs.	Aumento das unidades de conservação (áreas prioritárias).	Aumento das unidades de conservação (áreas prioritárias).
Estrutura Fundiária	Continua a tendência de aumento da concentração fundiária, com diminuição das áreas de agricultura familiar(mosaico) e assentamentos convencionais.	Idem a Tendência.	Reversão da lógica de aumento da concentração fundiária, com aumento das áreas de mosaico e desapropriação de latifúndios improdutivos para reforma agrária.
Infraestrutura	**Transportes** - segue cenario 9 (Otimização) do PNL35 (DNIT), incluído planejadas, até 2040. BR 319 (Porto-Velho - Manaus) pavimentada em 2027. Área irrigada: cresce até 2040, segundo projeções da ANA.	Sem criação ou pavimentação de novas estradas.	Sem criação ou pavimentação de novas estradas.
Clima	RCP 4.5.	RCP 2.6.	RCP 2.6.

Indicadores em futuros alternativos

As projeções espacialmente explícitas do uso da terra e das mudanças climáticas (consideram para futuros sustentáveis um aumento da temperatura de 1,5°C, e para o cenário de tendência histórica, aumento de temperatura de ~ 2 °C, associado ao cenário de emissões globais intermediário RCP 4.5 foram usadas para estimar indicadores derivados para cada um dos biomas brasileiros: (a) Pressão antrópica nos biomas; (b) Emissão e absorção de CO2; (c) Degradação do solo; (d) Risco de Poluição das águas (RPA). A Figura 8 ilustra as diferenças destes indicadores entre os três cenários, exemplificando alguns trade-offs entre os caminhos. As emissões de gases de efeito estufa do desmatamento da vegetação natural são maiores no cenário de Transição Verde quando comparado com o Vidas em Equilíbrio, devido às premissas relativas a exclusão da vegetação campestre do Código Florestal, refletindo a pressão contínua do agronegócio. Por outro lado, o Cenário de Transição Verde mostra níveis mais altos de absorção de CO2, impulsionados pela suposição de uma expansão em florestas plantadas de rápido crescimento até 2030, para atender à contribuição nacional ao Acordo de Paris. O índice de pressão antropogênica nos ecossistemas (Bezerra et al. 2022) reflete o histórico de distúrbio sofrido pela vegetação natural de uma região. Os piores valores (mais altos, isto é, maior pressão) estão nos biomas proporcionalmente mais desmatados (por exemplo, Mata Atlântica e Pampa). O cenário de Vidas em Equilíbrio em 2040, por considerar a restauração de uma grande área de vegetação natural florestal e campestre, apresenta uma melhora nesse indicador em relação à situação atual e demais cenários. Este cenário também apresenta melhor desempenho em relação aos outros cenários quando considerado o indicador de Risco de Poluição da Água (Miranda et al.[12]), porém com valor maior que a situação atual. Este indicador representa o risco de poluição devido a atividades agrícolas e falta de saneamento básico. O aumento da área de agricultura na Amazônia, Cerrado e Caatinga explica as projeções de maiores valores neste indicador.

[12] Miranda, M., Pacheco, F. S., Martins, M., Bezerra, F. G. S., Silvino, A. S., Sonetti-González, T., Aguiar, A. P. D., Von Randow, C., Flecker, A., Ometto, J., The use of the Eutrophication Risk Index as a tool for managing water resources. Artigo em preparação.

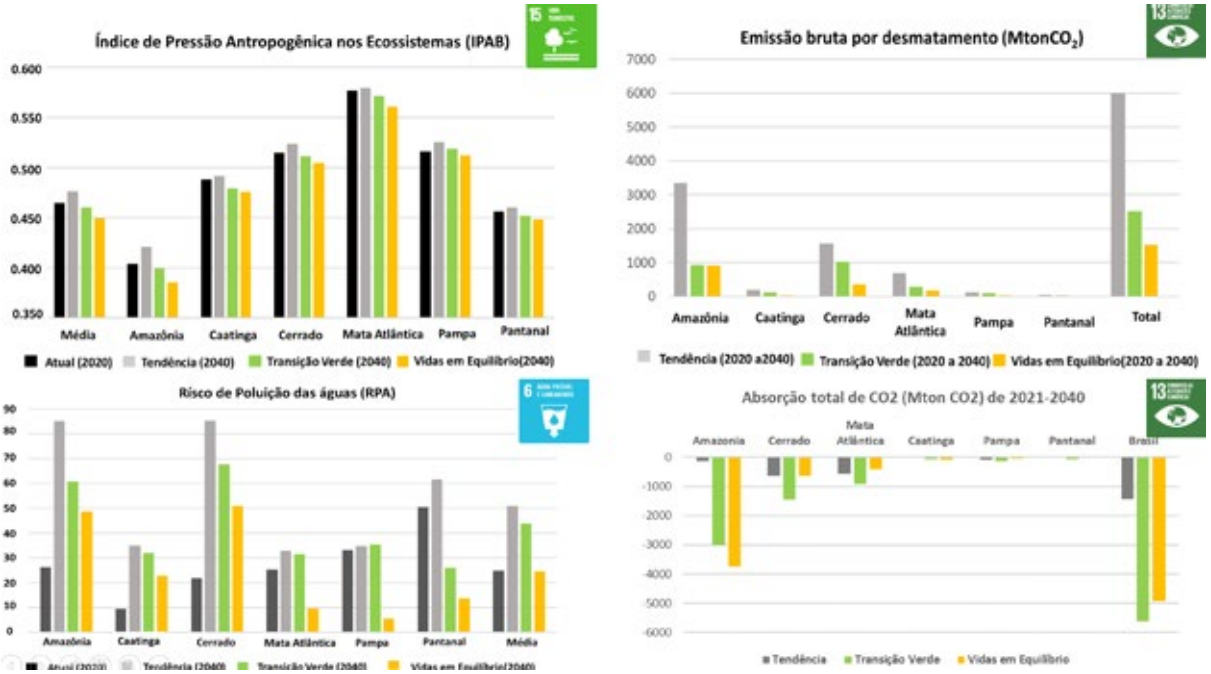


Figura 8 - Comparação de indicadores ambientais nos três cenários: (a) índice de pressão antropogênica nos ecossistemas (Bezerra et al. 2022); (b) emissões de CO2 por desmatamento; (c) risco de poluição de águas (Miranda et al., em preparação) e (d) absorção de CO2 por regeneração de vegetação nativa.

É importante ressaltar que o objetivo de desenvolver esses cenários não foi propor caminhos ou soluções ideais, mas esclarecer os diversos discursos em torno da sustentabilidade e seus potenciais impactos. Essa abordagem destaca as tensões existentes, permitindo que os tomadores de decisão considerem múltiplas perspectivas.

4.3 Estudo de caso local: modelo de dinâmica de sistemas

Nexus água-energia-alimento: Bacia do Rio Grande, Oeste da Bahia

Na Bacia do Rio Grande, os principais desafios relatados estão relacionados à disponibilidade de água, tanto do ponto de vista quantitativo quanto qualitativo, assim como aos conflitos socioambientais motivados pela posse irregular da terra e uso da água. Vale ressaltar que mais de 90% das retiradas de água na bacia são destinadas à irrigação (ANA, 2022). Os resultados mostram que as vazões superficiais e subterrâneas tendem a diminuir até 2040 (Figura 9A), existindo ainda um aumento na demanda de água, principalmente impulsionado pela expansão da irrigação. Na Figura 9B é possível ob-

servar que a demanda média de irrigação passa de 1,53m³/s (2011-2020) para 2,18 m³/s (2031-2040). No entanto, deste total, mais de 30% da necessidade de irrigação pode estar comprometida até 2040. Isso é um dos principais fatores que podem levar à estagnação da expansão da agricultura irrigada na região (Figura 9C). Além disso, a demanda por energia elétrica deverá aumentar em até 40% para atender aos sistemas de irrigação, comparado aos valores atuais (Figura 9D). Esses resultados consideram os usos de água atuais, mudanças climáticas e *feedbacks* econômicos.

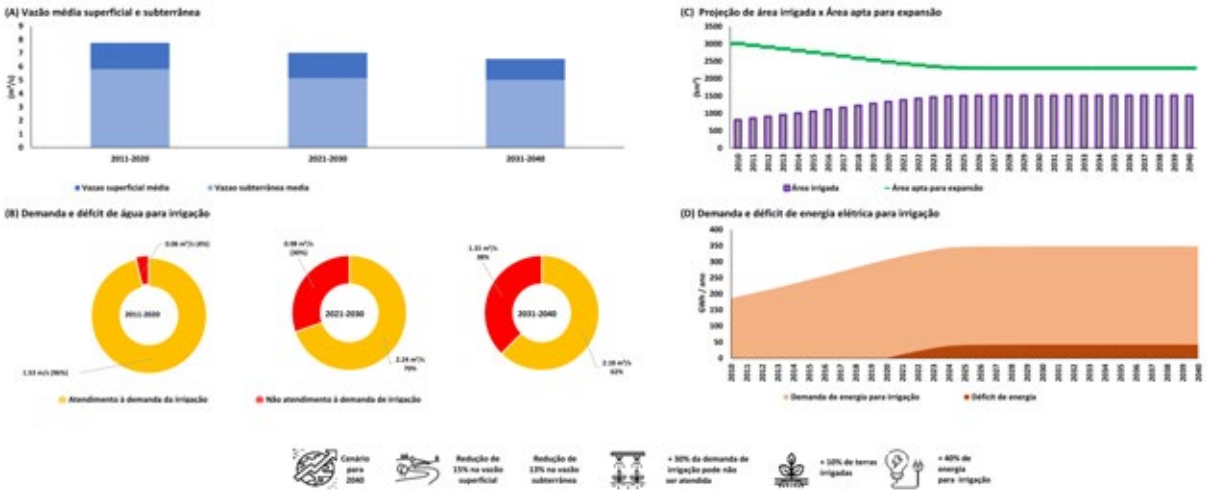


Figura 9: Cenário projetado para a Bacia do Rio Grande até 2040. A) Vazão média superficial e subterrânea dos rios. B) Demanda de irrigação e déficit no atendimento. C) Áreas aptas para irrigação e áreas irrigadas. D) Demanda de energia elétrica para irrigação e déficit no atendimento. Fonte: Martins et al. (2024)[13]

Com base nestes resultados, concluímos - como recomendações para políticas públicas - que existe a necessidade de:

- Rever os limites de outorga, através da atualização da série histórica de vazão considerada.

- Aprimorar a fiscalização das outorgas superficiais e subterrâneas, assim como para para impedir poços clandestinos. Dados de poços monitorados da CPRM mostram tendências preocupantes.

[13] Martins, M.A.; Collste, D.; Bezerra, F.G.S.; Miranda, M.A.C.N.; Gonçalves, A.R.; Barros, J.D.; Cardoso, M.F.; Silvino, A.S.; Sonetti-González, T.; Ometto, J.P.H.B.; von Randow, C.; Tomasella, J.; Aguiar, A.P.D. 2024. Long-term Sustainability of the Water-Agriculture-Energy Nexus in Brazil's MATOPIBA region: a Case Study Using System Dynamics. Ambio. https://rdcu.be/dQp9O

- Aprimorar a fiscalização das mudanças de uso e cobertura do solo. Áreas de recarga do aquífero estão sendo comprometidas.

- Incentivar estratégias mais eficientes e racionais de uso de água na agricultura.

5 Diálogo Final

O evento "Conectando escalas e perspectivas sobre caminhos para Sustentabilidade no Cerrado, Caatinga e Bacia do São Francisco e área de transposição", realizado em 16 de julho de 2024, em Brasília, reuniu representantes de órgãos federais, do comitê de bacias do Rio São Francisco e participantes das oficinas regionais e locais (Barreiras, Petrolina e Campina Grande). Os objetivos do evento foram: (a) promover um diálogo sobre caminhos alternativos para sustentabilidade, com base nas principais conclusões do projeto; (b) discutir como os resultados do projeto podem ajudar a subsidiar a participação do Brasil na COP 16, na Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD). O anexo A (online) apresenta a agenda do evento e a lista de participantes.

Na primeira parte do evento, os principais resultados e conclusões do projeto foram apresentados. A apresentação foi estruturada em torno de duas questões principais, brevemente descritas na Tabela 3. Além dos resultados do NEXUS descritos nas seções anteriores, alguns resultados do Projeto XPaths[14] foram também apresentados, em particular do Plano de Ações estratégicas coproduzido em oficinas realizadas em 2023[15] , a partir dos resultados das oficinas 3H-CLD realizadas em conjunto pelos dois projetos. A premissa básica da abordagem é que a discussão de ações para alcançar futuros sustentáveis requer a compreensão da raiz dos problemas e das estruturas sistêmicas por trás delas.

[14] O projeto "Ciência em ação: cruzando caminhos para os ODS nas terras áridas" (XPaths https://www.xpathsfutures.org), foi coordenado pelo Centro de Resiliência de Estocolmo da Universidade de Estocolmo, e teve por objetivo avançar o conhecimento sobre as barreiras e oportunidades que afastam ou aproximam regiões semiáridas alcançar os ODS, assim como a co-produção de planos de ações estratégicas que apoiem a implementação dos ODS. O XPaths tem casos de estudo no Brasil, Senegal e Espanha. No Brasil, devido à similaridade e complementaridade de objetivos e abordagens, os projetos NEXUS e XPaths organizaram conjuntamente as oficinas participativas, gerando análises e produtos derivados complementares.

[15] Sonetti González, T., Aguiar, A. P., Silva Bezerra, F. G., Alves Martins, M., Perez-Marin, A. M., Silva, A., Lima Peres, B., Cruz Cardoso, D., C. Henn Souza de Oliveira, F., de Aquino, F. I., de Souza Corte, I., Santos, J. C., Gnadlinger, J., da Silva Neto, J. P., Ferreira da Silva, L., Ayres da Motta Benevides Gadelha, M., SALES, R. M. M., da Silva Andrade, S. M., Rodrigues de Moraes, S., & Martins de Oliveira, V. (2024). Plano de Ações Estratégicas no Semiárido Brasileiro - com foco na Bacia do Rio São Francisco e Área de Transposição. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.10678916

Tabela 3 - Síntese dos principais resultados apresentados.

Quais perspectivas e cenários sobre futuros sustentáveis emergiram do processo participativo?	*Quais os principais desafios do presente e causas sistêmicas para alcançar esses futuros? Quais as ações necessárias para romper esses ciclos?*
O cenário de **"Transição verde"** está alinhado com a narrativa dominante no meio empresarial sobre sustentabilidade, com foco em ganhos de eficiência e soluções tecnológicas (e.g. agricultura de baixo carbono, transição energética liderada por grandes empresas) para solucionar problemas ambientais, com produção agrícola concentrada em áreas muito produtivas, possibilitando a restauração da vegetação natural, a um futuro cada vez mais urbano. Já o cenário **"Vidas em equilíbrio"** reflete o desejo e luta dos movimentos sociais e povos tradicionais por reconhecimento e coexistência de múltiplos modos de vida, pela transformação dos sistemas produtivos, em particular para produção de alimentos e energia de modo descentralizado, incluindo o fortalecimento da agricultura familiar e de sistemas agroecológicos.	Os principais problemas levantados repetidamente em várias oficinas foram as múltiplas desigualdades, a crescente degradação ambiental, e os conflitos socioambientais em várias oficinas. Entre as causas sistêmicas destes problemas de acordo com os participantes, destacam-se a **falta de execução e continuidade de planos e políticas públicas**, assim como a **dependência econômica das *commodities* e concentração fundiária** e suas implicações na degradação ambiental e nos conflitos socioambientais. As ações propostas visam reduzir a dependência das *commodities*, combater a desindustrialização e as desigualdades, com foco em capacitação ambiental e política, redistribuição de terras, e novos modelos de desenvolvimento que requerem alinhamento entre os poderes nacional, regional e local, além de engajamento global.

(a)

(b)

Figura 10: (a) Quanto grandes grupos de ações propostas no Plano de Ações Estratégicas do Projeto XPaths; (b) detalhamento da ação “Novos modelos de desenvolvimento integradores da diversificação socioambiental”, englobando o alinhamento de ações no nível nacional e internacional.

Com base nos resultados apresentados, os participantes discutiram em plenária e grupos duas questões: (1) Quais políticas públicas e programas em andamento se alinham com as ações sugeridas e/ou diferentes Cenários? (2) O que dos resultados do NEXUS/XPATHS (caso de estudo no Brasil) podem ser apresentados na COP de desertificação e demais COPs?

Nas subseções 5.1 e 5.2 apresentamos uma síntese das contribuições e reflexões sobre cada um dos temas. A Seção 5.3 apresenta considerações gerais sobre o evento e falas dos participantes.

5.1 Quais políticas públicas e programas em andamento se alinham com as ações sugeridas e/ou diferentes Cenários?

Diversas políticas e programas existentes, em diferentes níveis, foram mencionadas pelos participantes como associados aos resultados apresentados.(ver Anexo A.3, online) Em linhas gerais, os resultados dos grupos de trabalho podem ser agrupadas em Políticas/Programas (em parênteses, a frequência que foi mencionado), para:

- Combate à Degradação Ambiental, Conservação, Restauração (11)
- Gerenciamento de Recursos Hídricos (10)
- Reforma Agrária e regularização fundiária populações tradicionais (8)
- Apoio à agricultura familiar e agroecologia (8)
- Mudanças Climáticas (5)
- Educação Ambiental e Política (4)
- Questões indígenas (3)
- Integração e desenvolvimento regional (3)
- Integração e planejamento municipal (2)
- Energia (2)

Durante a plenária, os participantes concordaram que, embora existam muitas políticas e programas relacionados a grande parte dos problemas e ações, o principal desafio identificado é a falta de execução, a descontinuidade ou a execução inadequada desses planos e políticas. Foi destacado que há uma necessidade de consolidar ações por meio de arcabouços legais não apenas no nível federal, mas também nos níveis estaduais e municipais. Além disso, as ações precisam ser melhor coordenadas entre diferentes níveis de governo e entre ministérios e secretarias. Nesse contexto, a importância de aborda-

gens multi-escalares e descentralizadas foi enfatizada, onde o governo federal define diretrizes gerais e cada estado e município adapta as ações à sua realidade local. Também foram mencionadas as iniciativas de consórcios de municípios, como uma maneira eficaz de implementar políticas em municípios com menos recursos, exemplificado pelo CONSID no Oeste da Bahia. Por fim, foi sugerido que exemplos de sucesso sejam divulgados e replicados, e que a academia seja envolvida no processo de adaptação a diferentes realidades, especialmente no contexto de pesquisa e suporte para a formulação de novos modelos de desenvolvimento.

Como as trajetórias propostas se relacionam com ações específicas e políticas públicas?

Em complemento às contribuições dos participantes, os pesquisadores do projeto elaboraram um mapeamento preliminar de ações existentes em relação às duas narrativas, e em relação às quatro ações estratégicas.

5.2 O que dos resultados do NEXUS/XPATHS podem ser apresentados na COP de desertificação e demais COPs?

As sugestões dos grupos sobre quais resultados poderiam contribuir para a participação do Brasil na COP 16 da UNCCD foram agrupadas (íntegra das sugestões disponível no Anexo A.4, online) em temas similares. Em geral, os participantes sugeriram (em parênteses, a frequência em que foi mencionado):

- Apresentar soluções/ações com ênfase em exemplos concretos no território (21)
- Apresentar dados quantitativos sobre os problemas do presente e causas sistêmicas (13)
- Apresentar os cenários futuros alternativos, seus impactos sociais e ambientais (7)
- Apresentar a abordagem participativa do NEXUS, item reforçado na plenária) (6)

Durante a plenária, os participantes enfatizaram a importância de apresentar na COP o processo participativo multiescalar do NEXUS, destacando-o como um exemplo bem-sucedido de transdisciplinaridade. Também foi sugerido levar exemplos de soluções focadas no território, bem como dados recentes do CEMADEN/INPE sobre a perda de umidade em diferentes regiões do país, como o Pantanal. Além disso, ressaltou-se a questão das energias renováveis, especialmente a preocupação com a instalação de parques de energia solar em áreas degradadas, o que pode agravar a situação já evidenciada pelos dados.

5.3 Considerações finais

Caminhos alternativos

O objetivo dos projetos NEXUS e XPATHS não foi apresentar caminhos ou soluções ideais, mas elucidar os múltiplos discursos sobre sustentabilidade e seus possíveis impactos combinando métodos qualitativos e quantitativos. Apresentamos aqui algumas considerações finais reiteradas pelas discussões do diálogo final:

- Elementos das duas narrativas (“Transição Verde” e “Vidas em Equilíbrio”) já coexistem no presente, porém elas interagem de modo distinto com os desafios e dinâmicas sistêmicas da região. Além disso, existem obviamente desequilíbrios de forças e conflitos decorrentes dessas disparidades.

- Os participantes destacaram que, embora existam muitas políticas e programas alinhados às ações propostas (Seção 5.1) que poderiam fortalecer os caminhos sustentáveis, muitas decisões das instituições ainda estão alinhadas com o cenário tendencial, em particular devido ao desequilíbrio de forças no Congresso Federal (por exemplo, sobre questões fundiárias, etc.). Por outro lado, em comparação ao cenário “Transição Verde”, ações direcionadas ao caminho “Vidas em Equilíbrio” (e.g., voltadas ao fortalecimento da Agroecologia), embora existam, recebem menos recursos por ter menor força política.

- Existem programas governamentais voltados às ações estratégicas propostas no Plano de Ações do XPATHS. As ações de Educação Ambiental e Política, Reforma Agrária e Regularização Fundiária contextualizada (garantindo territórios de povos e comunidades tradicionais) são a base necessária para que possam existir novos modelos de desenvolvimento integradores da diversificação socioambiental, incluindo a diminuição da dependência de *commodities* e a reindustrialização do país em bases mais justas, que poderiam ter sinergia com o Plano de Transformação Ecológica do Governo Federal, por exemplo. Porém, existem dúvidas sobre a exequibilidade dessas ações dentro do contexto político e de controle de gastos públicos.

Processo participativo

O processo participativo do NEXUS, iniciado em 2021, foi muito elogiado pelos participantes pela transparência e forte engajamento ao longo do tempo. No diálogo participativo foi utilizada a metáfora do Rio (São Francisco) para que as pessoas apresentassem como e quando iniciaram sua participação no projeto (ver Figura 11). Na metáfora usada, o rio "deságua" no Diálogo de Brasília - onde mais pessoas, em particular do Governo Federal (ver Anexo A.1, online) são incluídas. Repetidamente durante o evento, as pessoas demonstraram emoção e apropriação dos resultados, que inclusive foram apresentados pelos próprios participantes em diferentes eventos[16]. Na fala de um deles, o projeto elucida "a complexidade dos problemas envolvidos no nexo água-energia-alimento e as diferentes visões para enfrentá-los". Os participantes insistiram também na necessidade de um novo projeto que continue crescendo e engajando mais pessoas nesse "rio".

[66] Por exemplo, os diagramas causais que deram origem às ações estratégicas têm sido utilizado nos seminários do PAB (Plano de Ação Brasileiro de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca) pelo pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido, Aldrin Pérez-Marin. O material do projeto tem também sido utilizado por Vanúbia Martins, colaboradora da Comissão Pastoral da Terra (CPT, incluindo como leitura em treinamentos. Johan Gnadlinger, colaborador do IRPAA apresentou as ações estratégicas numa reunião do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF) no início de 2024. Silvanda Rodrigues de Moraes apresentou um poster sobre o processo da escrita colaborativa do Plano de Ações num congresso internacional na UNIVASF.

Figura 11: Fotos do Workshop Final do Projeto NEXUS, Brasília, 16 de julho de 2024.

Porém, existem limites óbvios para a transformação que pode ocorrer em decorrência de um projeto de pesquisa transdisciplinar. Apesar do sucesso do projeto em captar diferentes perspectivas, refletir as tensões existentes ao combinar métodos qualitativos e quantitativos, e apontar soluções através de um processo de escuta, implementar soluções transformadoras é um desafio. Como colocado por um dos participantes: “nada mudou desde as oficinas, tudo continua do mesmo jeito.” A implementação de soluções que abordem as raízes dos problemas, como busca nossa abordagem 3H-CLD, é ainda mais desafiadora, demanda tempo, vontade política e mobilização em vários níveis. Cabe a todos nós — pesquisadores, sociedade civil, órgãos governamentais, e iniciativa privada — promover essa mobilização. O conhecimento co-construído ao longo dos anos de projeto, assim como os métodos desenvolvidos, pertencem a todos nós, e esperamos que continuem a ser utilizados como instrumentos de luta e diálogo em diferentes fóruns.

Próximos passos

Ainda em 2024, os resultados dos projetos NEXUS e XPATHS serão apresentados na COP 16 da UNCCD, a ser realizada na Arábia Saudita, em dezembro. Entendemos que levar os resultados para fóruns internacionais é

necessário pois muitas das questões que afetam nossos territórios estão ligadas a processos globais. Iremos também divulgar amplamente este relatório e o sumário executivo no Brasil, em diferentes instâncias de governo e sociedade em geral.

Do ponto de vista acadêmico, iremos trabalhar em publicações científicas sobre os cenários e indicadores. Em 2025 esperamos submeter e iniciar um projeto semelhante, aprofundando as problemáticas levantadas pelo NEXUS.

Anexo A - Informações adicionais sobre Diálogo Final do Projeto NEXUS

Disponível online em https://nexus.ccst.inpe.br

nexus
caminhos para a sustentabilidade

FAPESP

INPE