IMPACTOS DE TRANSPOSIÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: CASO DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO SÃO FRANCISCO NO TRECHO IV – RAMAL DO APODI

José Ubiraci Pereira da Silva1[1]; Ingrid Fialho de Miranda[2] ; Jeisse Marianne de Oliveira Pereira[3] & Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho [4]

RESUMO – O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) é uma das maiores obras hídricas do Brasil, concebida para ampliar a segurança hídrica no semiárido nordestino. Este artigo analisa os impactos ambientais do Trecho IV – Ramal do Apodi nos meios físico, biótico e antrópico, a partir de levantamento de campo. A metodologia combinou Check-List técnico, Matriz de Interação e registro fotográfico. Os resultados revelam que a fase de implantação concentra o maior número de interações negativas. Ao mesmo tempo, identificam-se impactos positivos de longo prazo relacionados à segurança hídrica e à geração de emprego e renda. Os achados indicam que a efetividade do empreendimento depende da implementação rigorosa dos Programas Ambientais previstos e do fortalecimento dos mecanismos de participação e governança participativa.

ABSTRACT– The São Francisco River Integration Project (PISF) is one of the largest water infrastructure projects in Brazil, designed to enhance water security in the northeastern semi-arid region. This study analyzes the environmental impacts of Section IV – Apodi Branch on the physical, biotic, and anthropogenic environments based on field surveys. The methodology combined a technical checklist, an interaction matrix, and photographic records. The results indicate that the implementation phase concentrates the highest number of negative interactions. At the same time, positive long-term impacts were identified, particularly those related to water security and the generation of employment and income. The findings suggest that the effectiveness of the project depends on the rigorous implementation of the planned Environmental Programs, as well as on strengthening mechanisms for public participation and participatory governance.

Palavras-Chave – Impactos Ambientais; Semiárido; Caatinga.

INTRODUÇÃO

[1]) Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua/UFERSA, Campus Avançado de Pau dos Ferros. Tel.: (84) 3317-8525. E-mail: ubiracianastacio@hotmail.com.
[2]) Mestranda em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido – PLANDITES/UERN, Campus Avançado de Pau dos Ferros. Tel.: (84) 3312-8841. E-mail: imiranda1704@gmail.com.
[3]) Mestranda em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua/UFERSA, Campus Avançado de Pau dos Ferros. Tel.: (84) 3317-8525. E-mail: marianne.p.liberian@gmail.com.
[4]) Professor Associado, Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais – DECAM, Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Av. Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, Mossoró – RN, CEP 59625-900. Tel.: (84) 3317-8525. E-mail: jorge.filho@ufersa.edu.br.

O semiárido brasileiro abrange aproximadamente 982.560 km², engloba partes de nove estados nordestinos e está inserido majoritariamente no bioma Caatinga (ANA, 2021). Suas características climáticas, precipitação inferior a 1.000 mm anuais, estiagens de até dez meses consecutivos e elevada taxa de evaporação, configuram uma das regiões mais vulneráveis à escassez hídrica do planeta (Ab'Sáber, 2006; Ministério Da Integração, 2017). Nesse contexto, o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) emerge como a maior obra hídrica do país, estruturada em dois eixos: o Eixo Norte, ao qual pertence o Ramal do Apodi (Trecho IV), e o Eixo Leste (BNDES, 2022; Brasil, 2014).

O Ramal do Apodi inicia-se na Barragem Caixaçara (PB) e percorre 115,5 km pelos estados da Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte, até alcançar a Barragem Angicos, no município de José da Penha (RN), com previsão de beneficiar 54 municípios e aproximadamente 750 mil habitantes. Até maio de 2024, os desembolsos somavam R$ 642,65 milhões de um total previsto de R$ 974,09 milhões, com execução física consolidada de 58,22%, ainda pendentes a aquisição de terras, a realocação de famílias e a implantação de sistemas de drenagem (MIDR, 2024).

Embora o empreendimento represente avanço estratégico para a segurança hídrica regional, a implantação de megaprojetos hídricos gera impactos socioambientais que exigem avaliação sistemática (Porto; Porto, 2011). Logo, as obras lineares de grande extensão em biomas frágeis produzem alterações no regime hidrológico, fragmentam habitats, comprometem a biodiversidade e impactam diretamente as populações inseridas na área de influência direta (IPEA, 2022).

Diante desse cenário, este artigo parte da seguinte questão-problema: quais são os principais impactos ambientais do PISF nos meios físico, biótico e antrópico no Trecho IV – Ramal do Apodi, no Rio Grande do Norte?

Considerando a relevância estratégica do Ramal do Apodi para a segurança hídrica do semiárido potiguar e a necessidade de compreender os efeitos decorrentes de sua implantação sobre os sistemas ambientais e sociais locais, torna-se fundamental a realização de estudos que subsidiem o planejamento, o monitoramento e a gestão ambiental do empreendimento. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo identificar e analisar os impactos ambientais associados à implantação do Trecho IV – Ramal do Apodi do Projeto de Integração do Rio São Francisco, no estado do Rio Grande do Norte, contemplando os meios físico, biótico e antrópico, a fim de contribuir para a compreensão das alterações socioambientais decorrentes da obra e para o fortalecimento de estratégias de mitigação e gestão sustentável.

METODOLOGIA

A pesquisa adota abordagem quali-quantitativa, de caráter descritivo e exploratório, configurando-se como estudo de caso (Gil, 2017). A área de estudo compreende o Ramal do Apodi, extensão do Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco (Figura 01).

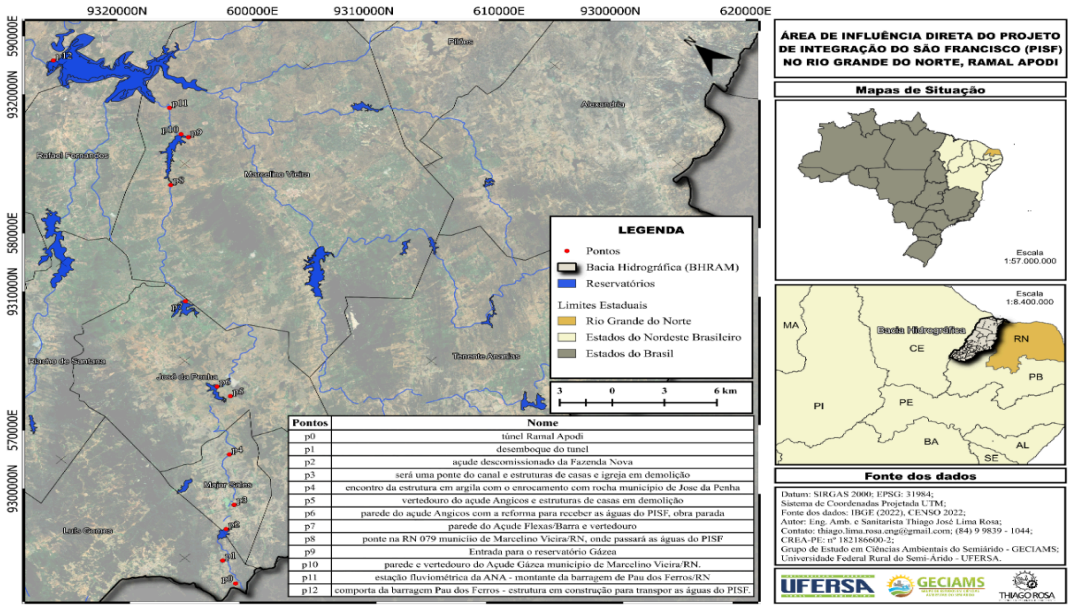


Figura 01 - Área de Influência do PISF no Ramal do Apodi, RN.
Fonte: GECIAMS (2026)

O percurso metodológico estruturou-se em três procedimentos complementares. O primeiro procedimento consistiu no levantamento teórico e documental acerca do Projeto de Integração do Rio São Francisco, com ênfase no Ramal do Apodi, abrangendo a análise de documentos institucionais, relatórios técnicos, programas ambientais, Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA). O segundo procedimento correspondeu ao levantamento de campo, realizado ao longo do traçado do Ramal do Apodi no estado do Rio Grande do Norte nos meses de dezembro de 2025 e maio de 2026. Durante as visitas técnicas, foi aplicado um Check-List estruturado para identificação e registro dos impactos ambientais observados nos meios físico, biótico e antrópico. Paralelamente, efetuou-se o registro fotográfico sistematizado das áreas avaliadas, permitindo documentar as condições ambientais encontradas. O terceiro procedimento envolveu a elaboração de uma Matriz de Interação, utilizada como instrumento de identificação, organização e avaliação dos impactos ambientais associados às atividades de implantação do empreendimento. A matriz possibilitou correlacionar as ações potencialmente impactantes com os componentes ambientais afetados, contribuindo para a análise qualitativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise integrada dos impactos ambientais associados ao Trecho IV – Ramal do Apodi foi realizada por meio da Matriz de Interação (Figura 2).

FASES DO EMPREENDIMENTO[4]	MEIO FÍSICO											MEIO BIÓTICO	MEIO ANTRÓPICO						
INDICADORES DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS →	SOLO				AR			ÁGUA				BIÓTICO	COLABORADOR		VIZINHANÇA				SOCIEDADE
FASES DO PROCESSO	Alteração das propriedades biológicas do solo	Alteração das propriedades físicas do solo	Alteração das propriedades químicas do solo	Indução de processos erosivos	Emissões atmosféricas / poeira	Poluição sonora / ruídos de obra	Alteração microclimática local	Alteração da qualidade da água superficial	Alteração da qualidade da água subterrânea	Alteração do regime de escoamento hídrico	Escassez / disponibilidade hídrica	Interferência na fauna, flora e ecossistemas	Alteração nas condições de segurança	Alteração nas condições de saúde	Riscos ambientais às comunidades	Alteração da paisagem natural	Incômodos à população (ruído, poeira, tráfego)	Geração de emprego e renda local	Projeção regional / segurança hídrica
1 – Planejamento e licenciamento													X	X		X		X	X
2 – Implantação da infraestrutura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
3 – Supressão da vegetação	X	X		X	X		X					X				X	X		
4 – Reassentamento das famílias													X	X	X	X	X		X
5 – Operação do canal (fluxo d'água)	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
6 – Manutenção do sistema	X	X	X		X	X		X	X	X						X	X	X	X

Figura 02 – Matriz de aspectos e impactos ambientais do PISF no Ramal do Apodi/RN.
Fonte: Autores (2026)

Impactos no Meio Físico

O meio físico é o primeiro a absorver as pressões da obra. As fases de implantação (fase 2) e supressão da vegetação (fase 3) geram o maior número de interações negativas sobre esse meio. Essa concentração é característica de megaprojetos hídricos em regiões semiáridas, onde a fragilidade dos solos, a irregularidade pluviométrica e a sensibilidade dos ecossistemas amplificam os efeitos das intervenções físicas sobre o território (Marengo, 2014).

As obras de escavação, terraplenagem e abertura da faixa de domínio provocaram alterações imediatas nas propriedades físicas, biológicas e químicas do solo. O desmatamento expõe o solo mineral às chuvas concentradas do semiárido, desencadeando processos erosivos que comprometem a estrutura e a fertilidade do substrato. O Check-List confirmou a presença de solo exposto, sulcos de erosão incipiente e marcas de máquinas pesadas ao longo do traçado visitado. A compactação decorrente do trânsito de maquinário pesado reduz a porosidade, diminui a taxa de infiltração e favorece o aumento do escoamento superficial (Santos et al., 2021; Marengo, 2014).

A remoção da cobertura vegetal elimina a proteção natural do solo, reduz a infiltração de água e favorece o escoamento superficial, com consequente perda de matéria orgânica e microbiota. A Figura 3 registra áreas com solo exposto e restos de vegetação suprimida ao longo da faixa.



Figura 03 – Solo exposto e supressão de vegetação na faixa de domínio do canal.
Fonte: Autores (2026)

A fase de implantação também gera impactos temporários sobre a qualidade do ar, pela suspensão de material particulado durante as operações de escavação e transporte, além de emissão de gases de combustão e ruídos que afetam trabalhadores e comunidades (Derísio, 2015). A supressão da cobertura vegetal reduz ainda a capacidade de sequestro de carbono e intensifica a elevação térmica local (Macedo et al., 2025; Marengo, 2014).

A alteração do regime hidrológico constitui o impacto mais estrutural sobre o meio físico. A introdução de fluxo hídrico perene em um sistema naturalmente intermitente modifica a dinâmica das águas superficiais e subterrâneas ao longo do traçado. O Check-List identificou a presença de água em trechos naturalmente secos e a formação de pequenos cursos d'água artificiais (Figura 4).





Figura 04 – Fluxo artificial do canal e área com umidade incomum e alteração da vegetação.
Fonte: Autores (2026)

A presença permanente de água em um sistema originalmente seco reconfigura a paisagem hídrica local, criando gradientes de umidade que alteram tanto a vegetação quanto as propriedades físico-químicas dos solos adjacentes (Lukas; Melesse; Kenea, 2024). A longo prazo, esse fluxo pode elevar o nível freático local, com risco de salinização secundária dos solos adjacentes e eutrofização dos corpos hídricos, documentado por Derísio (2015) e Silveira et al. (2022). De forma integrada, os resultados do meio físico evidenciam impactos simultâneos e interdependentes sobre o solo, o ar e os recursos hídricos

Impactos no Meio Biótico

O meio biótico apresenta os impactos mais visíveis e imediatos da fase de implantação. A Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro de alta resiliência adaptativa mas baixa tolerância a perturbações estruturais contínuas (Giulietti et al., 2004), foi diretamente afetada pela supressão de vegetação arbóreo-arbustiva. O desmatamento na faixa de domínio resultou na eliminação de espécies como angico (Anadenanthera colubrina), jurema-preta (Mimosa tenuiflora), pereiro (Aspidosperma pyrifolium) e faveleira (Cnidoscolus quercifolius), com funções ecológicas relevantes de fixação de nitrogênio, fornecimento de recursos à fauna e proteção do solo contra erosão (Giulietti et al., 2004).

A barreira física imposta pelo canal fragmenta habitats e isola manchas de vegetação nativa, comprometendo o fluxo gênico da fauna silvestre, especialmente espécies de médio e grande porte que dependem de extensas áreas para forrageamento, territorialidade e reprodução. A introdução de fluxo hídrico perene cria um gradiente de umidade que favorece o estabelecimento de espécies não típicas da Caatinga, podendo desencadear invasão biológica e desequilíbrios ecológicos de longo prazo, com substituição gradual de espécies (Derísio, 2015). A Figura 5 registra duas manifestações complementares desse processo: áreas com baixa cobertura biológica resultantes da supressão

recente da vegetação e trechos com água parada e sinais incipientes de eutrofização, com crescimento de macrófitas e modificação da coloração da água.



Figura 05 – Área com supressão da vegetação e presença de água parada.
Fonte: Autores (2026)

A presença de água parada em trechos de menor declividade favorece ainda a proliferação de vetores de doenças tropicais como ‘Aedes aegypti’, ‘Anopheles’ spp. e moluscos hospedeiros do ‘Schistosoma mansoni’ (Derísio, 2015), risco amplificado pela ausência de infraestrutura de saneamento nas comunidades rurais adjacentes ao traçado. Os impactos sobre o meio biótico evidenciam pressão simultânea sobre a composição florística da Caatinga, a conectividade dos habitats faunísticos e o equilíbrio de limnologia dos corpos hídricos.

Impactos no Meio Antrópico

Os impactos sobre o meio antrópico têm maior dimensão social no contexto do Ramal do Apodi. A Matriz de Interação evidencia que as fases de planejamento e licenciamento (fase 1), implantação (fase 2) e reassentamento das famílias (fase 4) concentram os principais impactos sobre o meio antrópico, abrangendo desde riscos ambientais e alteração da paisagem até a ruptura de modos de vida e vínculos territoriais. Esse padrão é convergente com o documentado em outros grandes projetos hídricos do Nordeste brasileiro, nos quais as populações da área de influência direta arcam com os custos sociais mais imediatos, enquanto os benefícios se distribuem de forma difusa e desigual no território (IPEA, 2022).

Um dos impactos socioambientais mais severos identificados em campo é o deslocamento compulsório de famílias cujas residências foram demolidas para a passagem do canal. A Figura 6 documenta o processo de demolição, revelando não apenas a destruição material das edificações, mas a supressão do espaço vivido: quintais, hortas, currais e benfeitorias construídas ao longo de gerações, elementos que expressam a territorialidade das famílias afetadas (Haesbaert, 2004).



Figura 06 – Demolição de residências e estruturas habitacionais na faixa do Ramal do Apodi.
Fonte: Autores (2026)

Little (2006) denomina esse fenômeno de “conflitos socioambientais por território”, nos quais a expansão de projetos de infraestrutura impõe sobre populações locais a perda não apenas de bens materiais, mas de referências identitárias e simbólicas indissociáveis do lugar. Porto e Porto (2011) demonstram que o simples reassentamento não garante a manutenção dos modos de vida das famílias deslocadas, sendo frequente o aprofundamento de vulnerabilidades socioeconômicas no período pós-remoção.

Do ponto de vista positivo, a fase de implantação gerou empregos locais diretos e indiretos, movimentou a cadeia de serviços dos municípios afetados e fortaleceu a narrativa de desenvolvimento regional associada ao PISF. A projeção de segurança hídrica para 54 municípios e 750 mil habitantes é reconhecida como impacto positivo de longo prazo pela população local (MIDR, 2024; Freitas; Silva; Guedes, 2022). Contudo, o IPEA (2022) aponta que o atendimento direto às comunidades rurais difusas é limitado pelos altos custos de implantação e manutenção de redes adutoras, favorecendo estruturalmente os usos urbanos em detrimento da agricultura familiar.

CONCLUSÕES

Os resultados evidenciam que o Trecho IV – Ramal do Apodi gera impactos simultâneos e interdependentes sobre os meios físico, biótico e antrópico, cujos efeitos tendem a se intensificar e acumular ao longo das fases subsequentes do empreendimento. No meio físico, destacam-se a compactação e exposição do solo, a alteração do regime hidrológico e o risco de salinização secundária. No meio biótico, a fragmentação de habitats da Caatinga, a ruptura de corredores ecológicos e a eutrofização incipiente são os impactos de maior magnitude. No meio antrópico, o deslocamento compulsório famílias e a alteração da paisagem natural constituem os impactos negativos mais severos, embora a geração de emprego e a perspectiva de segurança hídrica regional representem impactos positivos relevantes.

A efetividade do PISF como instrumento de desenvolvimento regional depende da implementação rigorosa dos Programas Ambientais previstos, especialmente os de Controle Erosivo, Monitoramento da Qualidade da Água, Supressão de Vegetação com Compensação Florestal e Monitoramento da Fauna, bem como do estabelecimento de corredores ecológicos ao longo do traçado e do fortalecimento dos mecanismos de participação social e governança participativa. O monitoramento contínuo dos impactos identificados, com incorporação das demandas das comunidades afetadas nos processos decisórios, é condição essencial para que o empreendimento alcance seus objetivos de segurança hídrica de forma justa, sustentável e territorialmente equitativa no semiárido potiguar.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. A transposição de águas do São Francisco: análise crítica. *Revista USP*, n. 70, p. 6–13, 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021*. Brasília: ANA, 2021.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). *Modelagem da concessão para a gestão do PISF.* Rio de Janeiro: BNDES, 2022.
BRASIL. Ministério da Integração Nacional. *Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.* Brasília, 2014.

DERÍSIO, J. C. *Introdução ao controle de poluição ambiental.* 5. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

FREITAS, F. W. da S.; SILVA, M. R. F. da; GUEDES, J. de A. Classes de uso em áreas de preservação permanente (APP) de reservatórios públicos no Alto-Oeste Potiguar. *Sociedade e Território*, v. 34, n. 2, p. 116–136, 2022.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social.* 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GIULIETTI, A. M. et al. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA, J. M. C. da et al. (org.). *Biodiversidade da Caatinga.* Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 48–78.

HAESBAERT, R. *O mito da desterritorialização.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2022.* Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Sinopse do Projeto de Integração do Rio São Francisco. Brasília: IPEA, out. 2022.

LITTLE, P. E. Os conflitos socioambientais: um campo de estudo e de ação política. In: BURSZTYN, M. (org.). *A difícil sustentabilidade.* Rio de Janeiro: Garamond, 2006.

LUKAS, P.; MELESSE, A. M.; KENEA, T. T. Predicting reservoir sedimentation using multilayer perceptron. *Journal of Environmental Management*, v. 365, 121018, 2024.

MACEDO, L. O. B. et al. Intensificação das práticas agropecuárias e impactos no sequestro de carbono. *Revista Tocantinense de Geografia*, v. 14, n. 33, p. 59–84, 2025.

MARENGO, J. A. O futuro clima do Brasil. *Revista USP*, n. 103, p. 25–32, 2014.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR). *Ramal do Apodi – Trecho IV*. Brasília: MIDR, 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. *Projeto de Integração do Rio São Francisco.* Brasília, 2017.

PORTO, R. L. L.; PORTO, M. F. A. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 43–60, 2011.

SANTOS, A. G. B. et al. Caracterização morfométrica e uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica do semiárido pernambucano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 14, n. 2, p. 1036–1043, 2021.

SILVEIRA, N. T. et al. Avaliação da qualidade da água do reservatório Nilo Coelho, Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 6, p. 2866–2877, 2022.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), através do Convênio CAPES/UNESP No. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua pelo apoio técnico científico aportado até o momento.