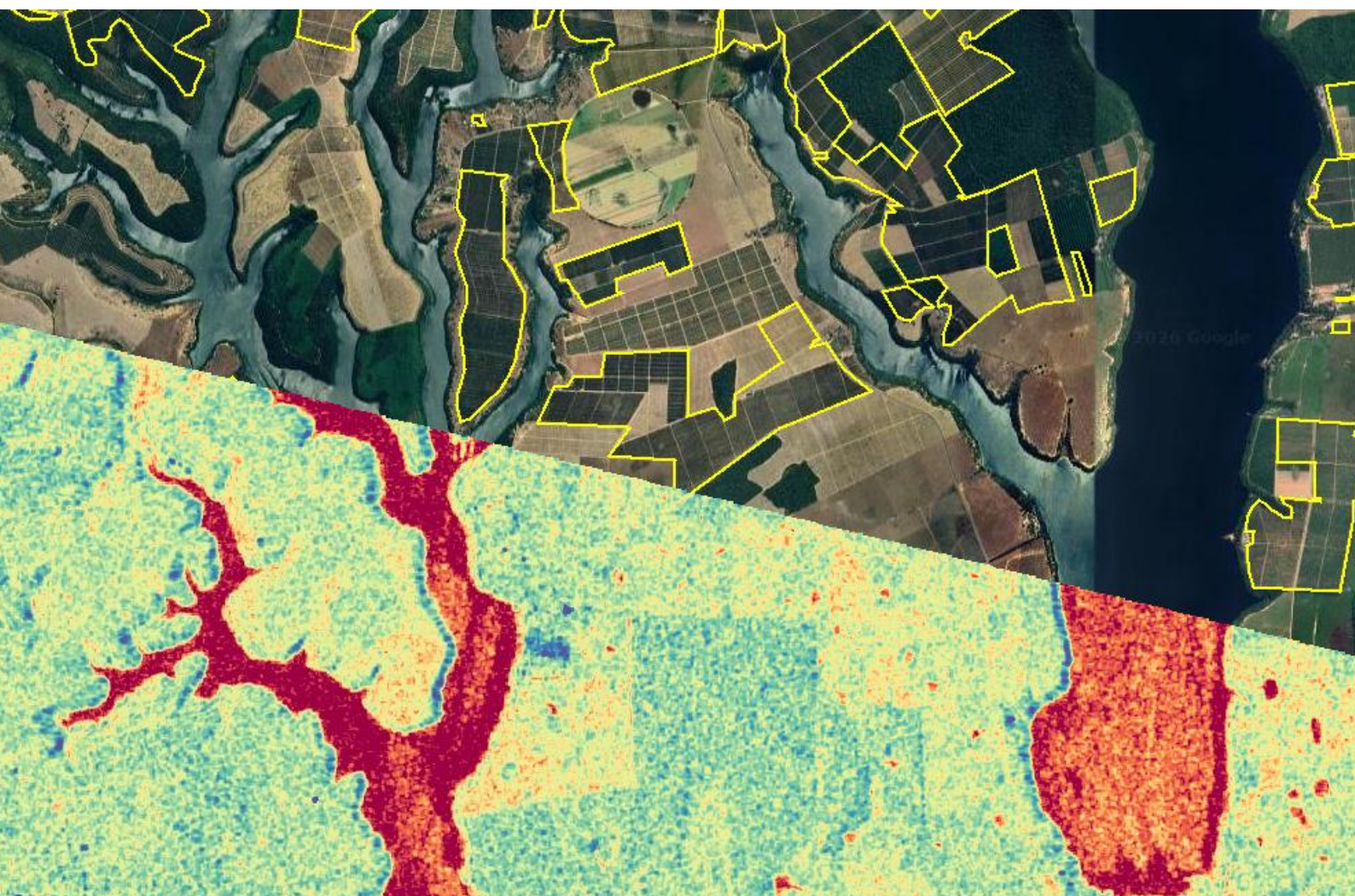


RELATÓRIO DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À CAFEICULTURA

Imagem: Google Earth Engine



5 DE FEVEREIRO DE 2026

AUTOR:

ROZYMÁRIO BITTENCOURT FAGUNDES

Analista de Dados Geoespaciais
Mestre em Agricultura de Precisão



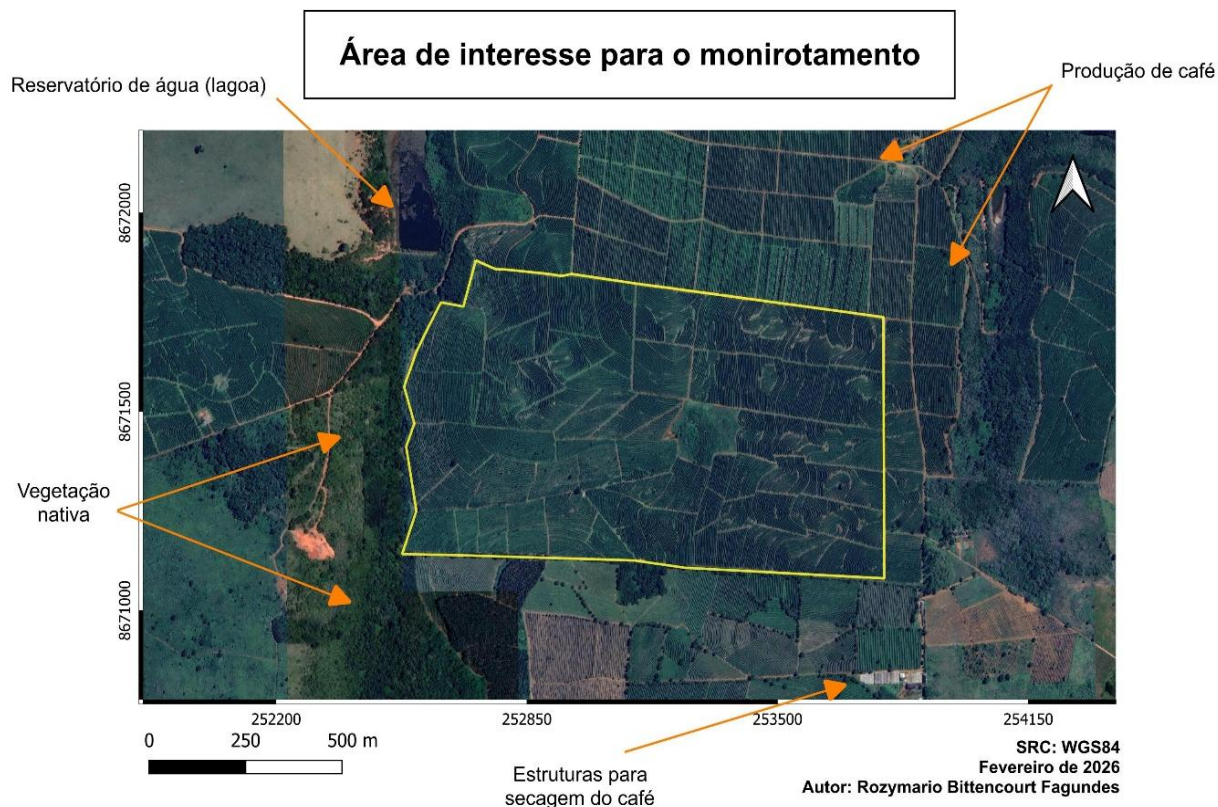
Av. Jardim Guanabara, 1900, Boa Vista
Vitória da Conquista – BA
www.safradocafe.com.br
contato@safradocafe.com.br
77 98849 1600

Introdução e contexto local

Este relatório analisa o vigor vegetativo e as condições climáticas de uma área comercial de café arábica em Bonito, Chapada Diamantina (BA), utilizando dados de sensoriamento remoto orbital. O foco da análise são imagens da fase de granação/maturação dos frutos. Em 2025, a área da Fazenda Santa Vera foi afetada por estresse climático, com chuvas abaixo da média, resultando em atraso no desenvolvimento e na maturação dos frutos. Como consequência, a colheita ocorreu apenas em novembro e dezembro.

Características da área monitorada

- Fazenda: Santa Vera
- Área monitorada: 84,2 hectares
- Variedade do café: Rubi 1192
- Ano de plantio: 1999
- Densidade: 4.946 plantas/ha
- Sistema de produção: sequeiro
- Altitude: 956 m



Materiais e metodologia

- Sistema Safra do Café
- Satélite Sentinel-2AB, sensor MSI (MultiSpectral Instrument)
- Satélite Sentinel-1 SAR GRD (radar)
- Plataforma ECMWF Reanalysis v5 (ERA5)
- Software QGIS

O monitoramento remoto foi executado por meio do sistema Safra do Café, utilizando o Google Earth Engine (GEE) para acesso e processamento de dados, com integração via APIs em ambiente Python (GitHub) e execução em nuvem na plataforma Google Cloud Run. O GEE foi utilizado para a obtenção e processamento das imagens ópticas do Sentinel-2 MSI (S2_SR_HARMONIZED), dados SAR do Sentinel-1 (S1_GRD) e dados climáticos da plataforma ERA5 (ECMWF/ERA5_LAND/DAILY_AGGR).

Período de monitoramento

- Data inicial: 4/2/2025
- Data final: 4/2/2026
- Filtro de nuvens para o MSI/Sentinel-2AB: 15%

Índices e bandas espectrais

- Índices espectrais NDVI, NDRE, NDMI, NDWI e NBR (MSI/Sentinel-2AB)
- Banda VH (SAR/Sentinel-1)

Dados climáticos

- Temperatura do ar
- Precipitação
- Radiação solar
- Umidade relativa

1. Análise de imagens em RGB (MSI/Sentinel-2)

Para o período e filtro de nuvens utilizados, as imagens do Sentinel-2 retornaram poucas imagens em composição RGB com qualidade ideal para análises, devido a presença de nuvens ou sombras de nuvens, de modo que a imagem mais antiga para o período com qualidade para análise é de 27/8/2025. Esta constatação será levada em conta na análise da série temporal com valores médios dos índices espectrais.

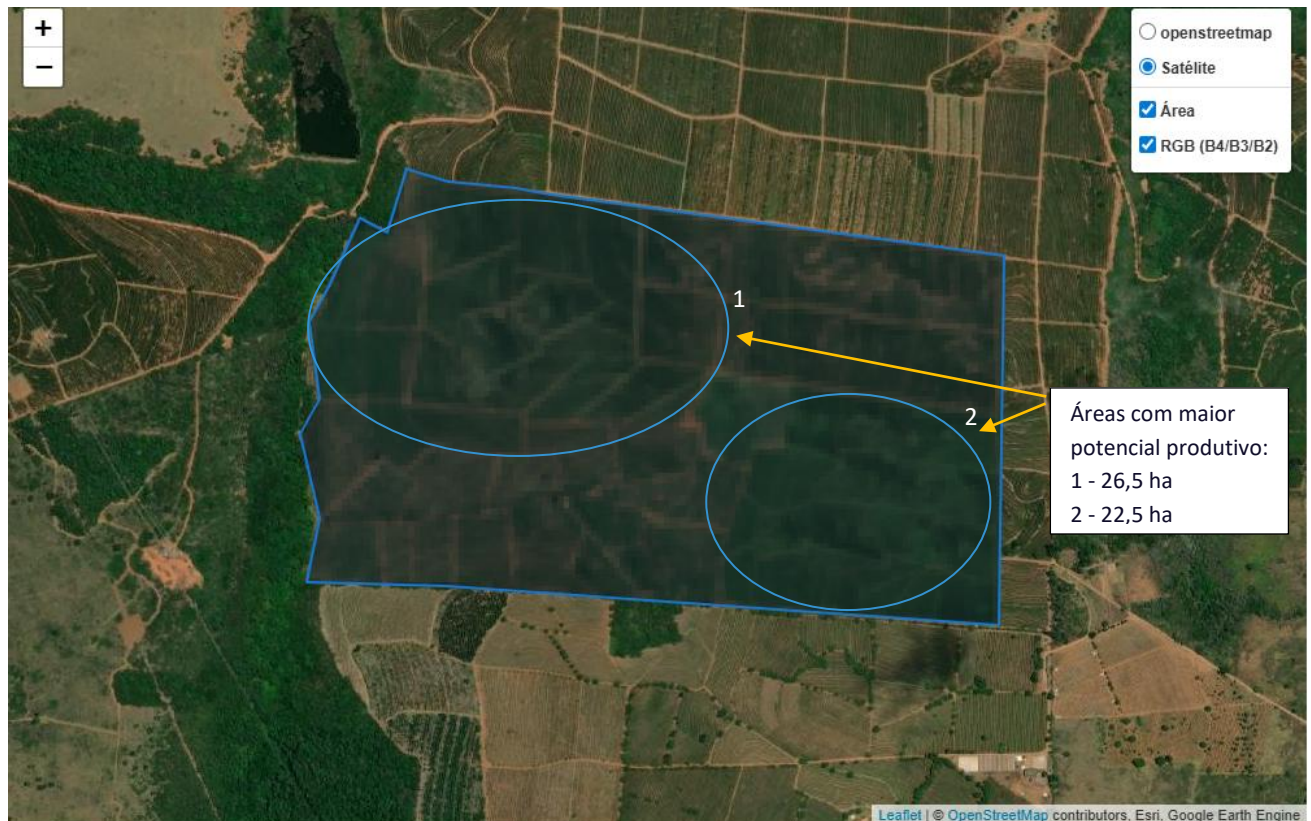
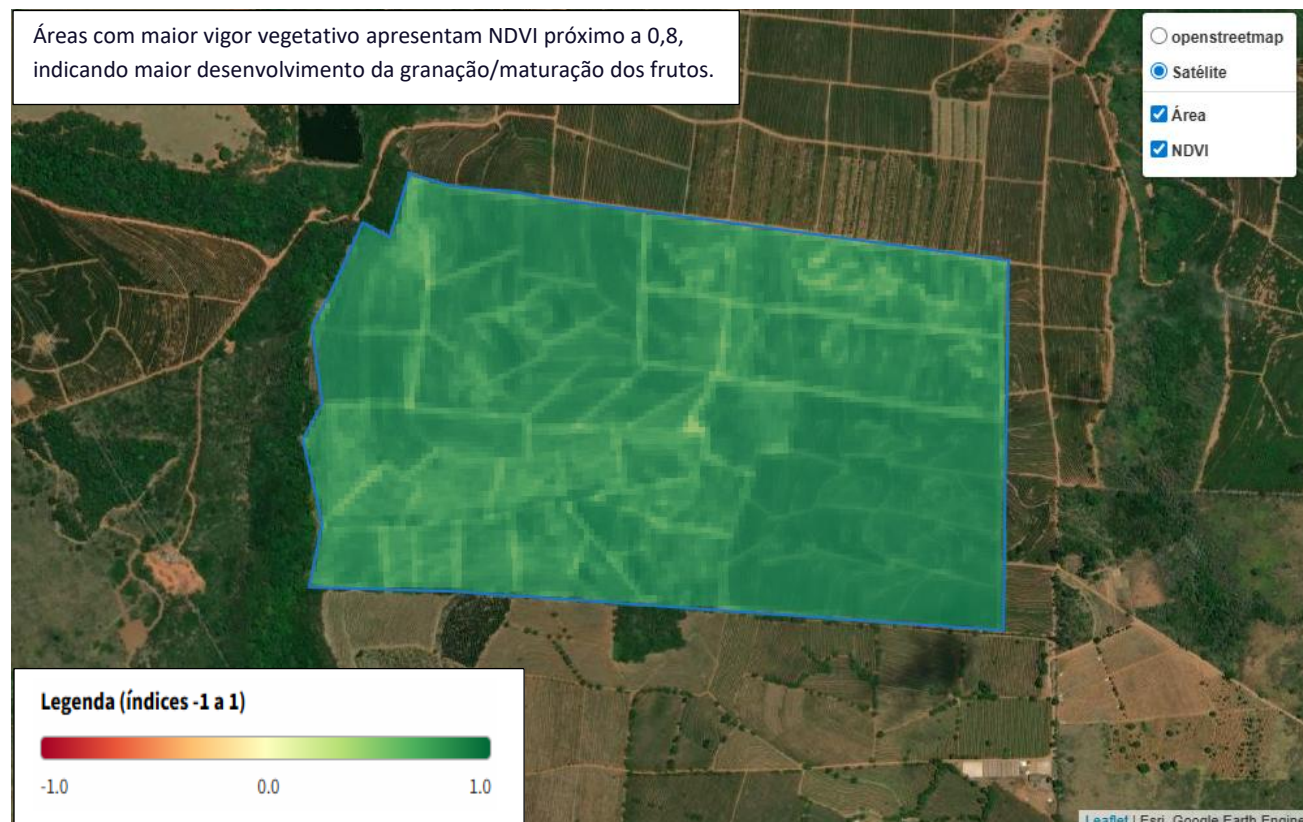


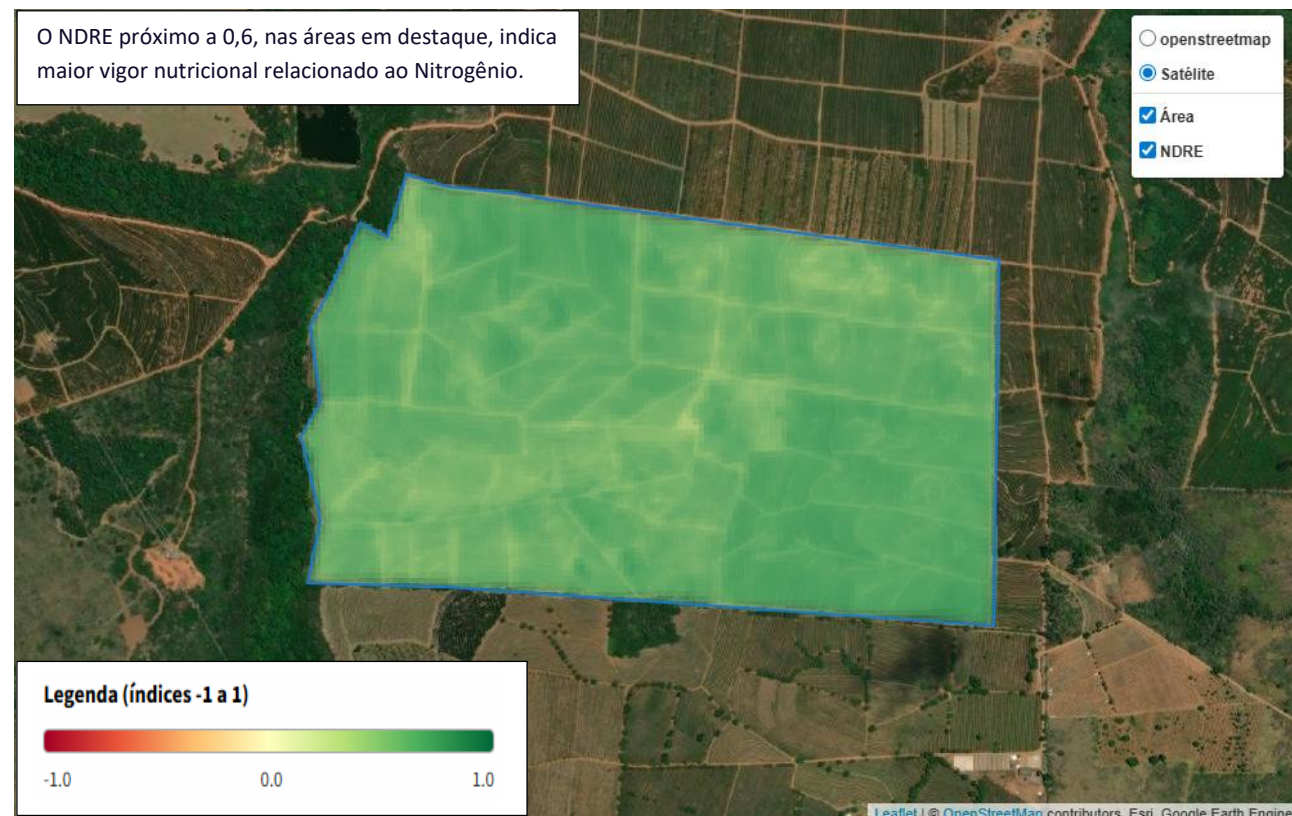
Imagem em composição RGB de 27/8/2025. (Fonte: MSI/Sentinel-2AB)

Na imagem de 27/8/2025, a área analisada está com o café na fase de granação/maturação dos frutos. As áreas 1 e 2 apresentam maior potencial vegetativo em relação às demais. É possível observar ainda na imagem “ilhas verdes”, ou áreas que apresentam também bom vigor vegetativo.

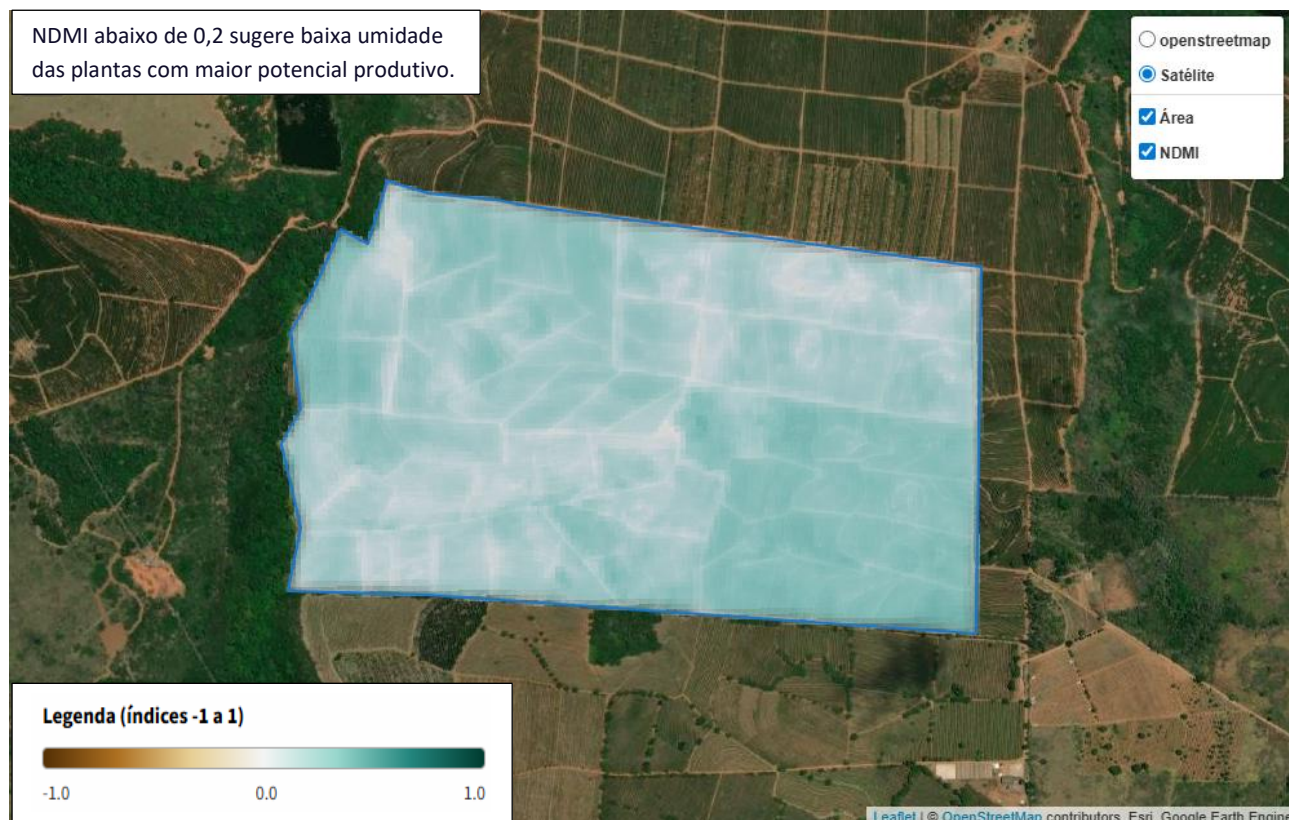
2. Análise de índices espectrais (MSI/Sentinel-2)



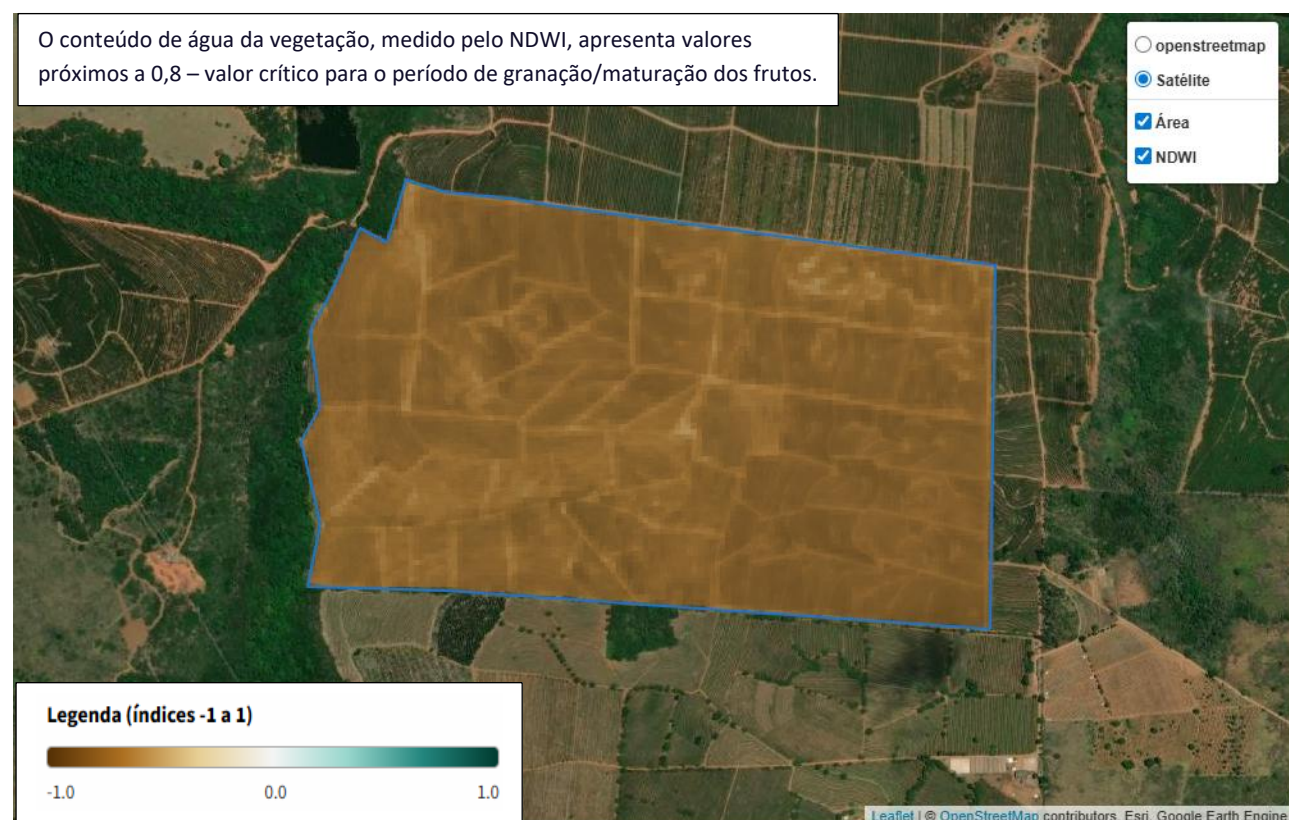
NDVI em 27/8/2025. (Fonte: Safra do Café/MSI/Sentinel-2AB)



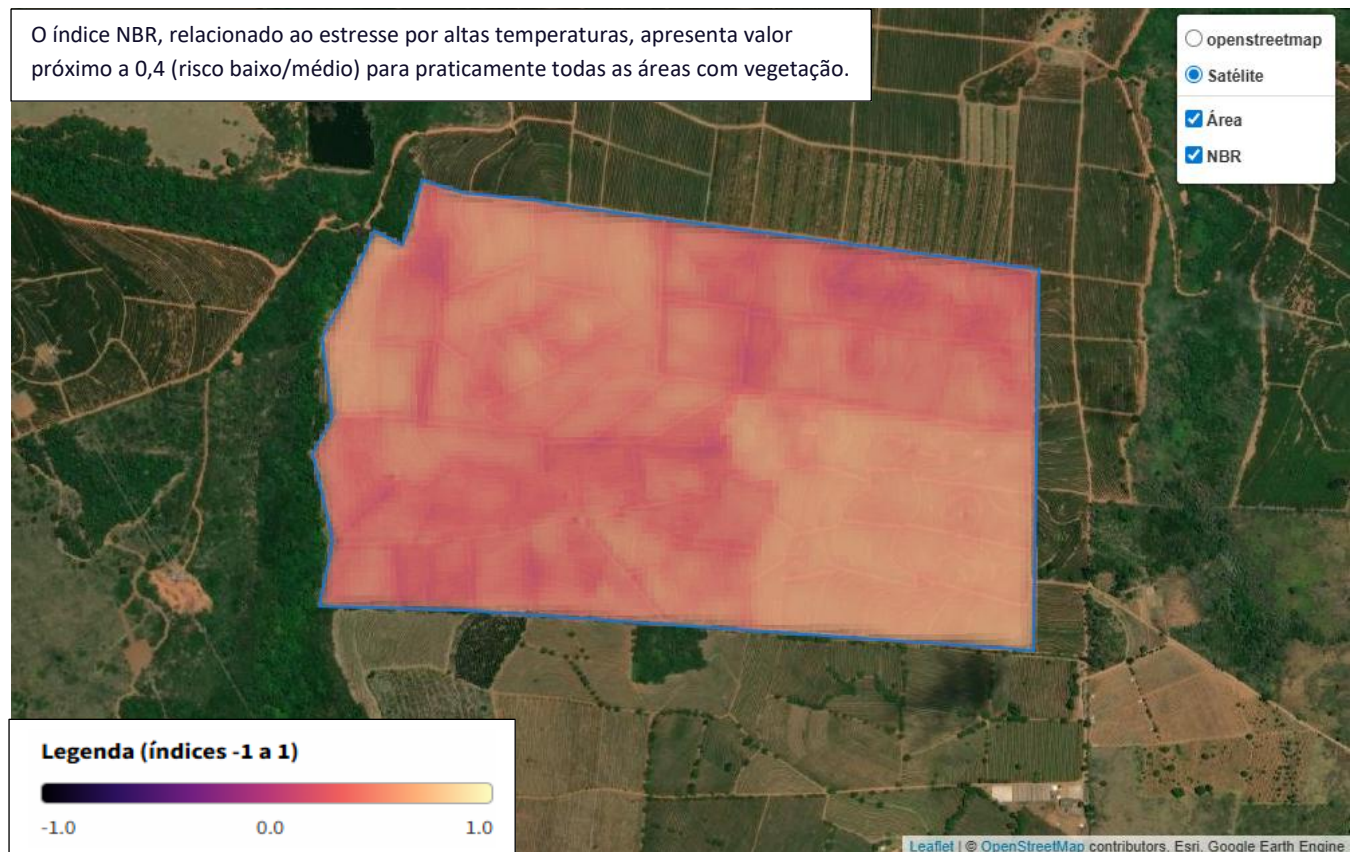
NDRE em 27/8/2025. (Fonte: Safra do Café/MSI/Sentinel-2AB)



NDMI em 27/8/2025. (Safrado Café/MSI/Sentinel-2AB)



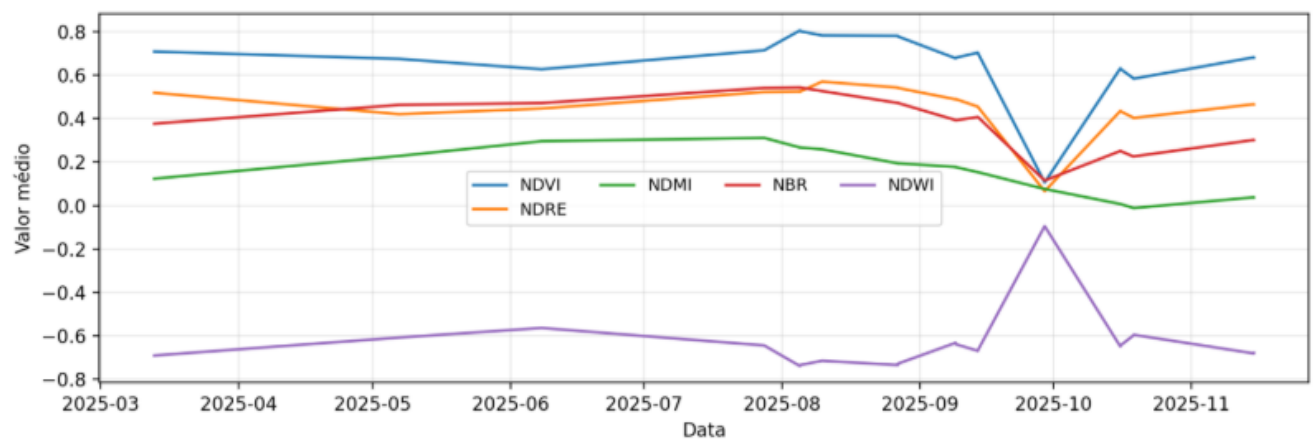
NDWI em 27/8/2025. (Safrado Café/MSI/Sentinel-2AB)



NBRI em 27/8/2025. (Safrá do Café/MSI/Sentinel-2AB)

3. Análise de série temporal de índices espectrais (MSI/Sentinel-2)

Série temporal (média do índice no polígono)



De modo geral, observa-se nos valores de NDVI, NDRE e NDMI moderada evolução do vigor vegetativo, aumento da atividade fotossintética e melhoria das condições de umidade, comportamento compatível com a fase de granação e maturação dos frutos do cafeeiro, confirmada visualmente na imagem de 27/08/2025.

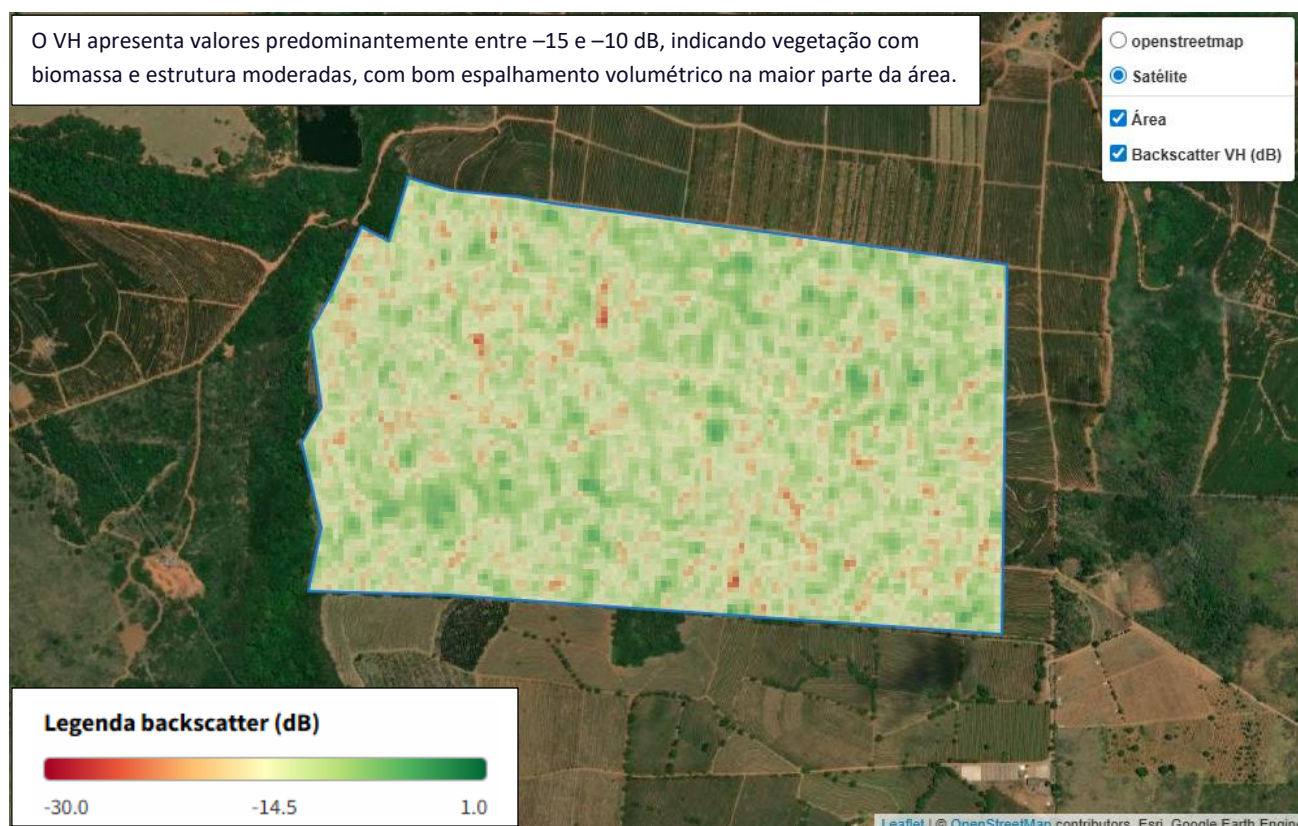
Os valores elevados de NDVI e NDRE no final de agosto reforçam o bom potencial vegetativo, especialmente nas áreas 1 e 2, além da presença de “ilhas verdes” observadas na análise espacial.

A partir de setembro, nota-se uma queda acentuada desses índices, com mínimo no início de outubro, sugerindo a ocorrência de um evento de estresse pontual, possivelmente relacionado a restrição hídrica ou a fatores climáticos. Essa interpretação é corroborada pela redução mais expressiva do NDMI no mesmo período, indicando diminuição da umidade da vegetação.

O NDWI manteve valores predominantemente negativos, padrão esperado para áreas de produção de café em sequeiro, apresentando um pico positivo isolado em outubro, possivelmente associado às chuvas. Após esse período, os índices apresentam recuperação parcial, indicando que não houve comprometimento estrutural severo do vigor da lavoura.

Neste sentido, a série temporal dos índices espectrais evidencia bom desenvolvimento vegetativo até o final do inverno, seguido por um estresse temporário e posterior recuperação da vegetação.

4. Análise da imagem VH (SAR/Sentinel-1)



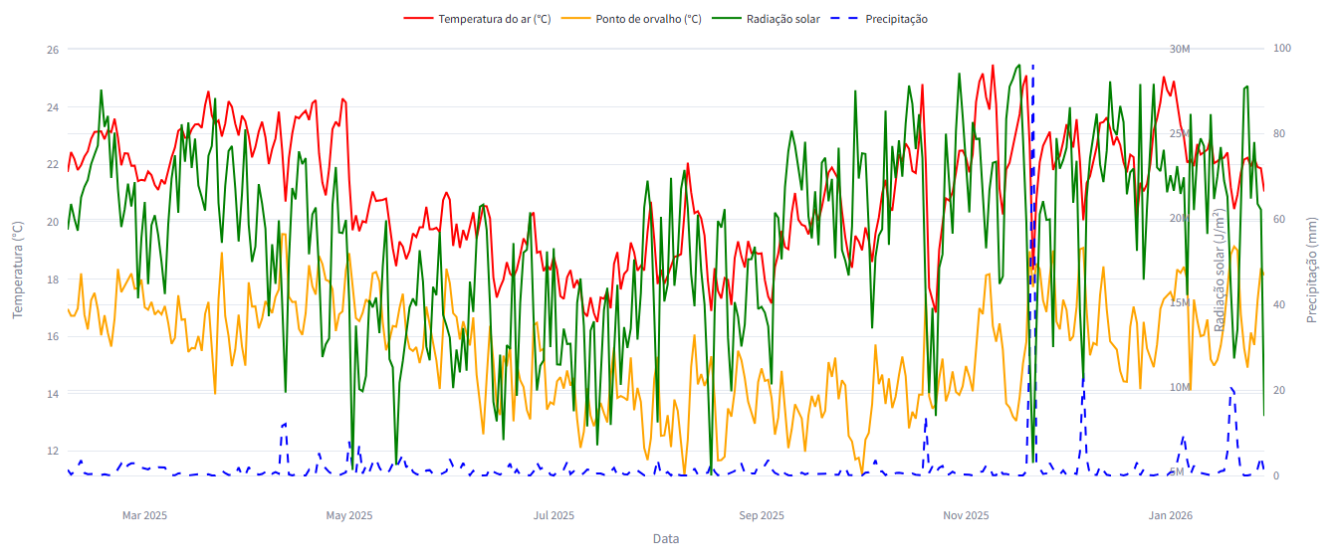
Banda VH em 19/8/2025. (Safrá do Café/SAR/Sentinel-1)

A imagem da camada VH (Backscatter Vertical–Horizontal), com valores correspondentes aproximadamente à faixa entre -15 e -10 dB indica vegetação com biomassa e complexidade estrutural moderadas, compatível com um cafezal em desenvolvimento ativo, porém sem atingir máxima densidade de dossel.

As manchas pontuais em tons mais quentes (amarelo a vermelho), associadas a valores mais baixos de backscatter (próximos ou inferiores a -20 dB), sugerem áreas com menor espalhamento volumétrico, possivelmente plantas menos desenvolvidas e maior exposição do solo. Áreas localizadas em tons de verde mais intenso, com valores próximos de -10 dB, indicam maior complexidade estrutural do dossel, refletindo maior volume de folhas e ramos.

Assim, a camada VH se mostra eficaz para identificar zonas com diferentes níveis de vigor estrutural da vegetação, sendo um dos melhores indicadores radar do crescimento vegetal no contexto analisado.

5. Análise de dados climáticos



Precipitação (- -): apresentou predomínio de baixos volumes, com a maioria dos dias registrando entre 0 e 5 mm, caracterizando um período seco. Em novembro, ocorreram eventos pontuais de chuva, com picos isolados superiores a 20 mm, indicando distribuição irregular das precipitações.

Temperatura (—): variou principalmente entre 18 °C e 25 °C, com mínimos próximos de 17 °C durante o inverno (junho–julho) e elevação gradual a partir de setembro. Nos meses finais do período, as temperaturas mantiveram-se mais elevadas e variáveis, refletindo a transição para condições mais quentes.

Radiação solar (—): apresentou alta variabilidade diária, com valores mais baixos no outono e inverno e aumento progressivo a partir de setembro, atingindo picos mais frequentes na primavera e no verão, indicativos de maior disponibilidade de energia solar.

Umidade atmosférica (—): representada pelo ponto de orvalho, oscilou predominantemente entre 12 °C e 19 °C, com valores mais baixos no inverno, caracterizando condições mais secas, e elevação a partir da primavera, indicando aumento gradual da umidade do ar no período final analisado.

6. Conclusão

A análise integrada de dados espectrais, radar e climáticos indicou bom vigor vegetativo do cafeeiro até o final do inverno, com valores elevados de NDVI e NDRE em agosto.

A partir de setembro, a redução de NDVI, NDRE e NDMI evidenciou estresse hídrico pontual, coerente com o predomínio de chuvas entre 0 e 5 mm e eventos isolados apenas a partir de novembro. A recuperação parcial dos índices indica ausência de danos estruturais severos.

A banda VH do Sentinel-1 apontou biomassa e estrutura moderadas do dossel (–15 a –10 dB), enquanto os dados climáticos, com temperaturas entre 18 e 25 °C, explicam o atraso do ciclo fenológico e a colheita concentrada entre novembro e dezembro.