



APRENDA A INTERPRETAR  
**IMAGENS DE SATÉLITE**  
E ENTENDA COMO MELHORAR  
O DIA A DIA NO CAMPO

SAIBA O QUE É O NDVI E COMO IDENTIFICAR  
PROBLEMAS NA LAVOURA



# SUMÁRIO



## APRESENTAÇÃO **3**

### 1. NDVI: DEFINIÇÃO, ORIGEM E CÁLCULO **4**

- 1.1 – O que é índice de vegetação por diferença normalizada? **5**
- 1.2 – A origem do NDVI **6**
- 1.3 – Onde estão os sensores que captam a radiação? **7**
- 1.4 – O que é a reflectância captada por satélites **8**
- 1.5 – Como é feito o cálculo NDVI **10**
- 1.6 – O que determina a variabilidade do índice? **11**
- 1.7 – Aplicação dos parâmetros do NDVI **12**

### 2. INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS E APOIO ÀS DECISÕES DO PRODUTOR **14**

- 2.1 – Tipos de imagens de satélite **15**
- 2.2 – Interpretação correta do NDVI/CCI **18**

### 3. DIFERENTES APLICAÇÕES DO NDVI/CCI NA AGRICULTURA **20**

- 3.1 – NDVI/CCI indica a variação do vigor da biomassa **21**
- 3.2 – Mapa de NDVI/CCI x Mapa de produtividade **22**
- 3.3 – Detecção de populações de plantas pelo NDVI/CCI **24**
- 3.4 – Relação entre a imagem de NDVI e a área foliar **24**
- 3.5 – Acompanhar o desenvolvimento da lavoura em diferentes momentos **25**
- 3.6 – Definição de zonas de alta e baixa biomassa **26**
- 3.7 – Comparação de imagens NDVI/CCI com outras camadas de informação **27**
- 3.8 – Análise de imagens históricas da lavoura **27**
- 3.9 – Criação de ambientes de produção **28**
- 3.10 – Monitoramento e correção de operações agrícolas **31**
- 3.11 – Identificação de área com pragas e doenças **32**
- 3.12 – Direcionar a aplicação de insumos em taxa variável **33**

### O CCI É ALIADO DA PRODUTIVIDADE E DA LUCRATIVIDADE NO CAMPO **34**

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **35**

# APRESENTAÇÃO

---

A tecnologia faz parte, cada vez mais, da rotina da agricultura moderna. Inúmeras ferramentas inovadoras, inimagináveis 50 anos atrás, hoje são aliadas do produtor rural na busca pela produtividade, lucratividade, sustentabilidade e otimização de recursos.

Um dos grandes avanços agrícolas nas últimas cinco décadas foi o surgimento do **Índice de Vegetação por Diferença Normalizada**, mais conhecido por sua sigla em inglês: **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index).

Mesmo com o passar do tempo e o salto tecnológico no campo, esse índice continua atual, entregando muitos benefícios no monitoramento da lavoura.

**A equipe de especialistas em agricultura digital da Climate FieldView™**, preparou esse e-book para apresentar a você, com profundidade, o que é o NDVI, como interpretá-lo e compreender quais são suas aplicações no dia a dia do campo.

Uma ferramenta que pode apoiar as decisões tomadas em diferentes momentos da cultura.

Boa leitura!



Capítulo 1

---



# NDVI

DEFINIÇÃO,  
ORIGEM E  
CÁLCULO

# NDVI

## DEFINIÇÃO, ORIGEM E CÁLCULO

### 1.1 O QUE É O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA?

O NDVI é resultado da interação da radiação do sol sobre alvos terrestres. Mas o que isso quer dizer?

Quando a radiação solar atinge determinada vegetação ou lavoura sobre o solo, a energia incidente pode ter diferentes destinos:

- Parte dessa energia passa pelas folhas e galhos e **atinge o solo;**
- A maior parte da energia é absorvida pela clorofila da planta, sendo usada no **processo de fotossíntese;**
- Outra parte **atinge a vegetação e é refletida**

Para o cálculo do NDVI, o nosso interesse é por essa **energia que é refletida pelas plantas.** Isso porque, após a radiação atingir a vegetação e ser refletida, pode ser capturada por diferentes tipos de sensores.

***A radiação do sol pode ser captada por sensores após se refletida pelas folhas da lavoura.***

E aqui vale definir um termo bastante usado na mensuração desse índice: **a Reflectância**, que é a proporção entre o fluxo de radiação eletromagnética incidente numa superfície e o fluxo que é refletido.

**“A reflectância espectral permite que a vegetação seja detectada e medida por sensores em diferentes bandas.”**

Um Índice de Vegetação, como o NDVI, é a **combinação matemática** de duas ou mais dessas bandas espectrais que destaca diferentes padrões, como vegetação (com alta reflectância), solo exposto, estruturas artificiais etc, além de quantificar algumas características da vegetação, como biomassa, vigor e densidade.

Existem diferentes índices para análise da variabilidade da vegetação, mas o NDVI é o mais conhecido. Nesse material, vamos nos ater apenas à utilização desse índice na agricultura, embora sejam possíveis outras aplicações, como no acompanhamento ambiental de parques e áreas de preservação permanente.

## LEIA

Inteligência artificial e a qualidade dos mapas de satélite



*O NDVI é resultado da interação da radiação do sol sobre alvos terrestres*

## 1.2 A ORIGEM DO NDVI

O NDVI é fruto da mais bem-sucedida tentativa de identificar, de maneira simples e rápida, as condições da lavoura. Mas o seu surgimento deve-se à evolução de um outro setor: **a indústria aeroespacial e militar.**

Com o lançamento do satélite Landsat 1, no início da década de 1970, a **NASA iniciou uma série de experimentos para o sensoriamento remoto da Terra.**

## “O NDVI é fruto da evolução da indústria aeroespacial e militar.”

Ao longo dos estudos, surgiu o termo índice de vegetação. Em 1973 foi publicado o primeiro artigo científico relatando o uso do NDVI, de autoria do pesquisador e diretor do Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade do Texas, **John ROUSE**.

Posteriormente, esse índice deixou de ser usado apenas com escopo científico e passou a ter diferentes aplicações, como na agricultura.



*Sensores instalados em drones podem captar o NDVI*

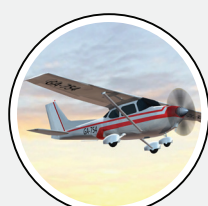
### 1.3 ONDE ESTÃO OS SENSORES QUE CAPTAM A RADIAÇÃO?

A energia refletida pode ser capturada por sensores instalados, por exemplo, em:

- **Tratores**, que estão próximos das plantas (proximal/ terrestre);
- **Câmeras fotográficas** digitais (proximal/ terrestre);
- **Veículos aéreos não tripulados** (drones) e **aviões** (instalados em aeronaves – baixa altitude);
- **Satélites** (orbital).



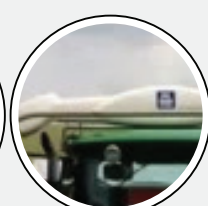
**Satélite**  
(Orbital)



**Aeronaves**  
(Baixa altitude)



**Proximal**  
(Terrestre)



## 1.4 O QUE É A REFLECTÂNCIA CAPTADA POR SATÉLITES?

Atualmente a agricultura é um dos segmentos que mais utiliza efetivamente os **produtos informacionais de satélites**, com grande acurácia e ótima cobertura territorial e temporal.

**De acordo com o professor Christian BREDEMEIER (2021)**, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, os sensores embarcados em satélites estão a uma distância da superfície terrestre de 600 a 900 km.

**“Os satélites são capazes de captar a energia solar que é refletida por uma determinada lavoura ou por uma vegetação na superfície terrestre.”**

Mesmo assim, são capazes de captar a energia solar, que é refletida por uma determinada lavoura ou por uma vegetação, na superfície terrestre.

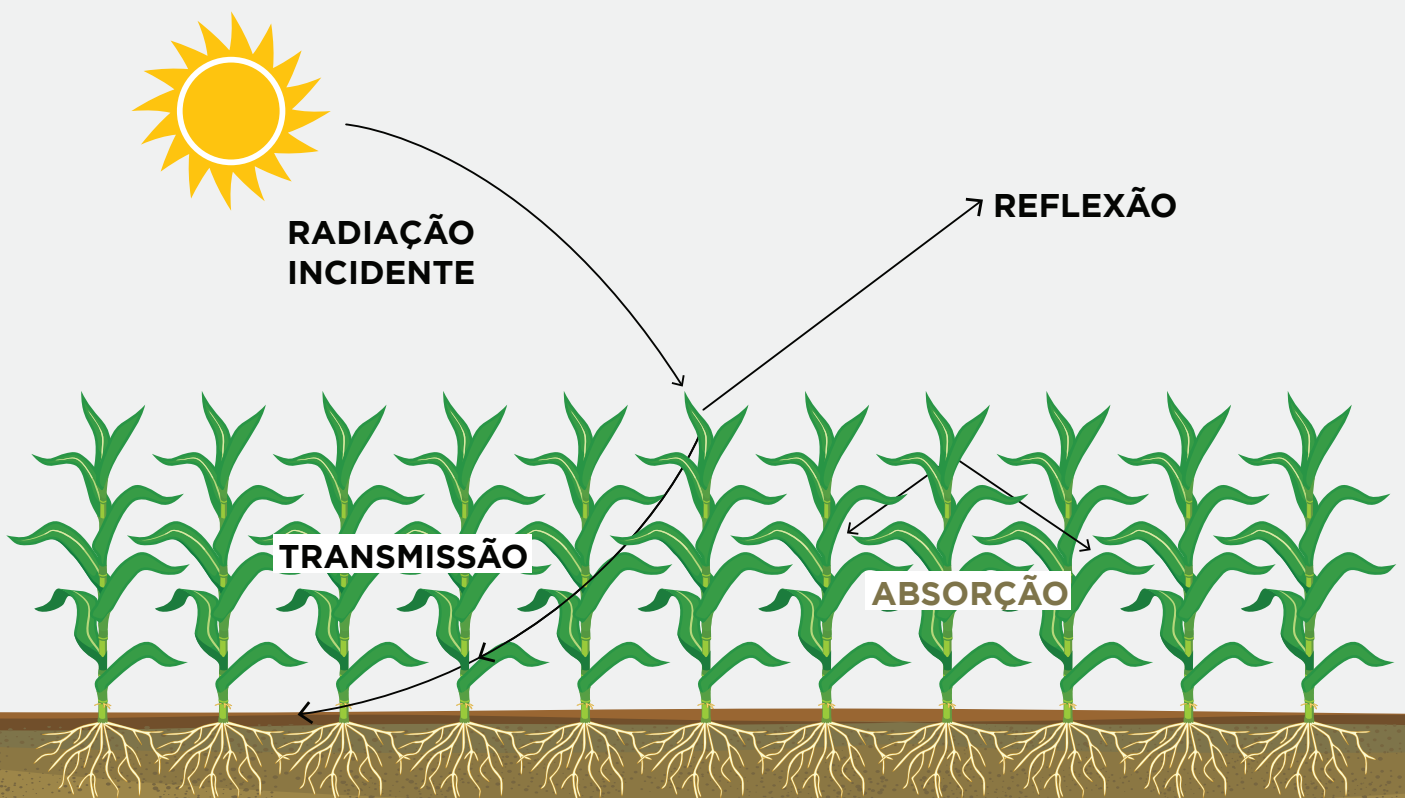


Figura 02



### CONFIRA TAMBÉM

Como a agricultura digital pode ajudar na estimativa de produtividade da lavoura



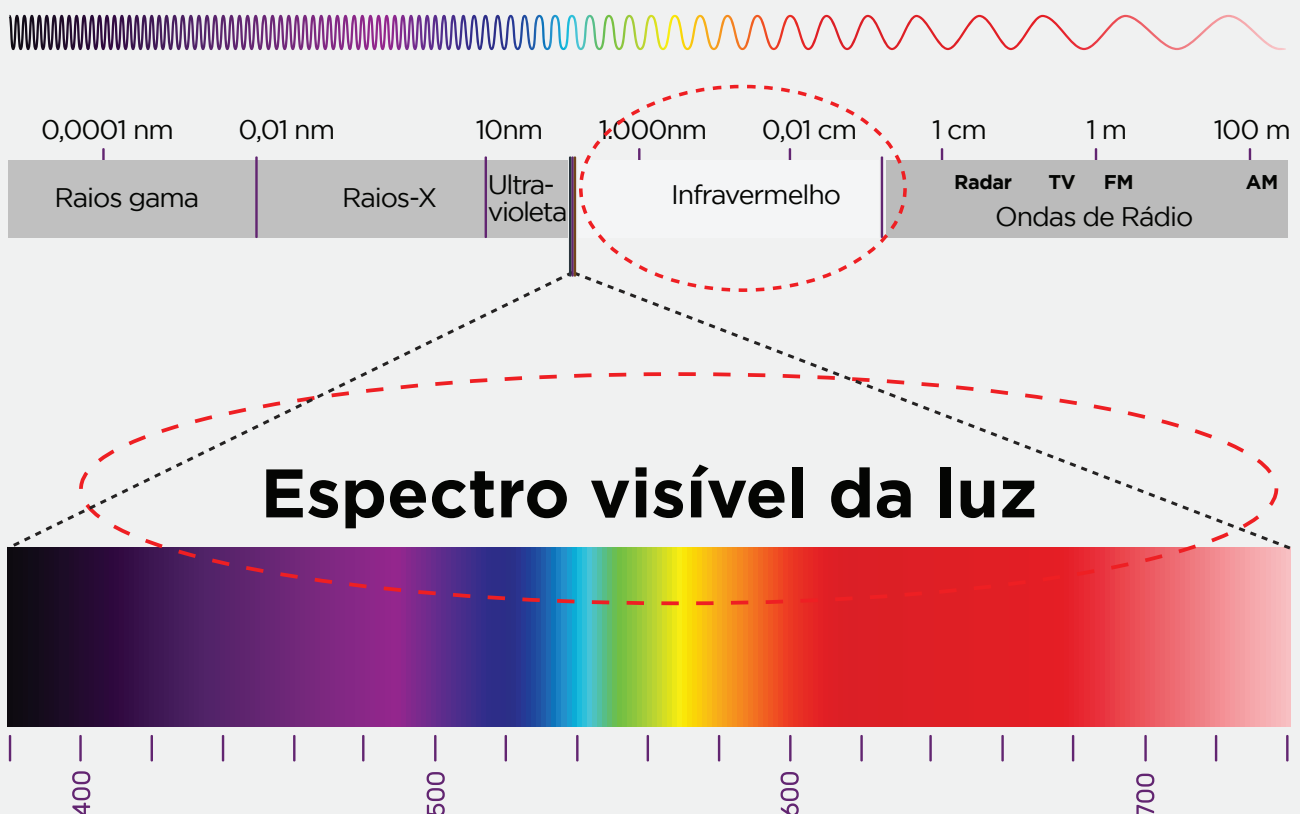
Por esse motivo, **não existe imageamento de satélite à noite**, assim como não é possível tirar fotos quando existem nuvens cobrindo determinada área.

Os produtores rurais têm à disposição diferentes plataformas de agricultura digital que utilizam dados de NDVI, inclusive captados por constelações de satélites

**“Não é possível para os satélites tirar fotos da lavoura quando existem nuvens cobrindo determinada área.”**

Um exemplo é a **Climate FieldView™**, que obtém dados de reflectância da vegetação a partir de duas constelações de satélites: 2A e 2B, que revisitam uma mesma superfície a cada 5 dias (lavoura ou propriedade).

Ou seja, potencialmente a cada cinco dias é possível se obter uma nova imagem de determinado talhão, área ou lavoura (caso a presença de nuvens não atrapalhe a captação) e utilizar esses dados na plataforma para otimizar a gestão da lavoura.



**Figura 03** Espectro eletromagnético

## 1.5 COMO É FEITO O CÁLCULO DO NDVI?

Para o cálculo do NDVI, o satélite mede a quantidade de energia refletida em várias bandas do **espectro eletromagnético**. Mas, para esse cálculo, apenas a aferição de duas bandas é considerada:

- **Infravermelho próximo (NIR)**, que não é visível aos olhos humanos, e
- **Vermelho (Red)**, que faz parte do espectro visível da radiação.

De acordo com BREDEMEIER, essas duas porções do espectro são cruciais quando se faz o monitoramento da vegetação e se avalia o nível de biomassa das plantas.

O NDVI é obtido por meio da diferença entre a reflectância das bandas do infravermelho próximo e do vermelho, dividida pela soma das duas reflectâncias.

O resultado é a seguinte equação: **NDVI = (NIR-Red) / (NIR+Red)**. É a partir dessa relação matemática que é possível inferir sobre a saúde da vegetação.

**“O satélite mede a quantidade de energia refletida em várias bandas do espectro eletromagnético.”**

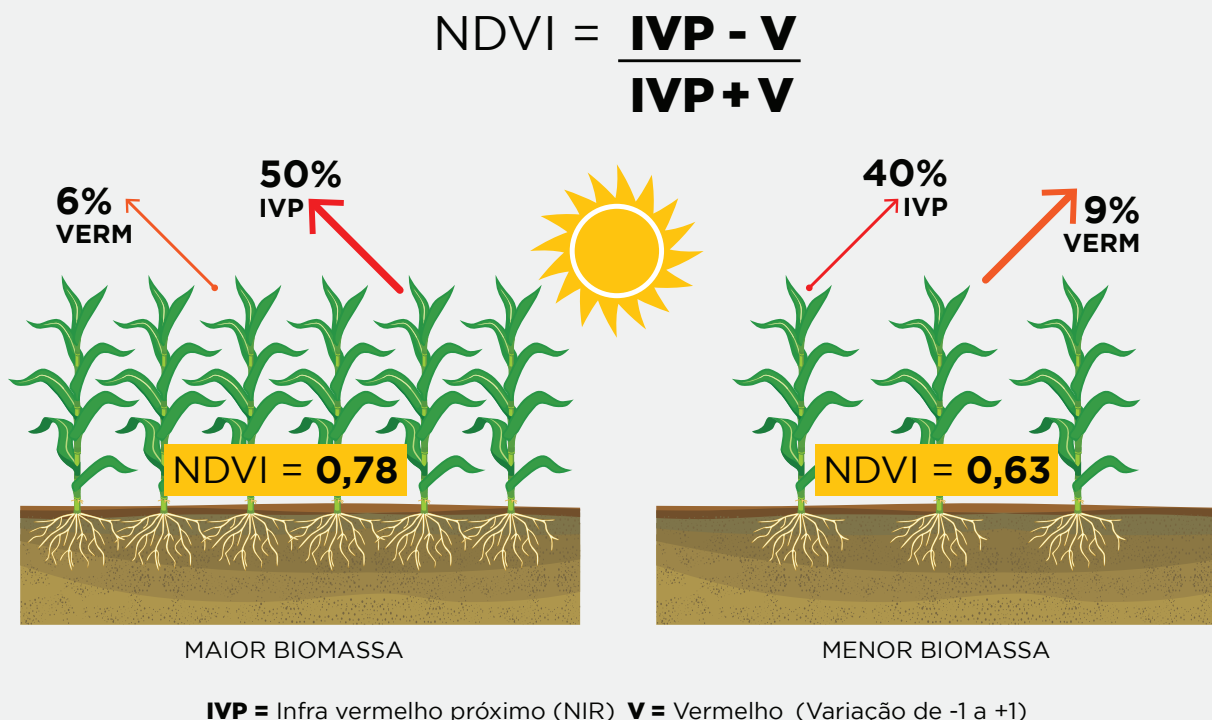


Figura 04

## 1.6 O QUE DETERMINA A VARIABILIDADE DO ÍNDICE?

Uma curva típica de reflectância da radiação em uma vegetação é apresentada na figura 5. No espectro magnético visível, muito pouco é refletido.

A vegetação absorve toda a energia. Já na parte do infravermelho próximo, grande parte da energia incidente (cerca de 50%) é refletida. É essa energia que nos interessa.

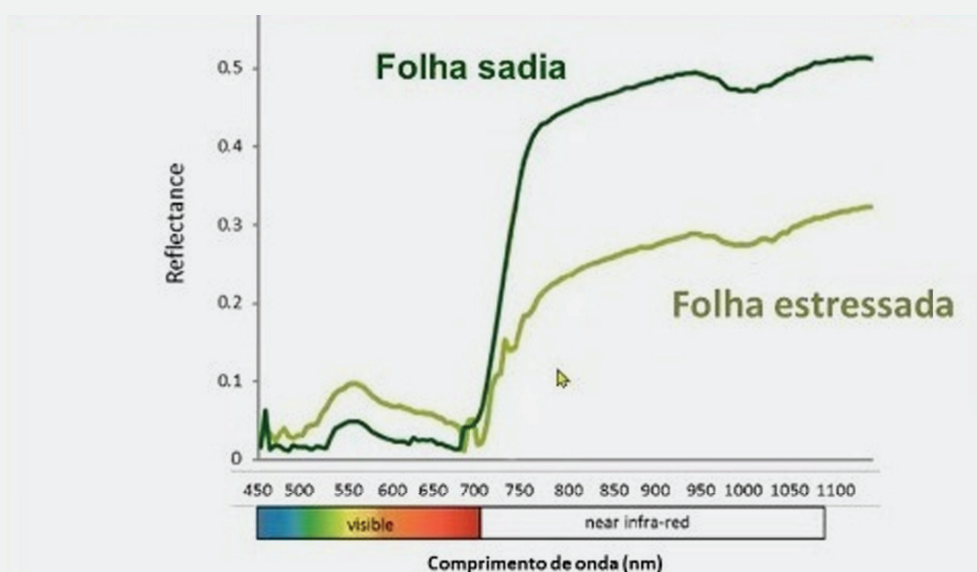
Perceba que, na mesma figura, duas linhas se destacam na área do infravermelho:

- Uma **linha com verde mais escuro** mostra a curva de reflectância de uma **vegetação considerada sadia**. Diz respeito a uma área com crescimento exuberante, de alto vigor.

É uma vegetação que reflete menos radiação no espectro visível, porque tem mais clorofila e, portanto, absorve mais radiação.

Por outro lado, reflete mais no infravermelho próximo, porque é uma vegetação mais sadia e tem maior quantidade de biomassa. Isso leva a uma maior reflectância na faixa do infravermelho próximo.

- Já a outra linha refere-se a uma **vegetação com coloração mais clara**, que possui algum tipo de **estresse**. E muitos podem ser os motivos: ataque de doença, pragas, baixo vigor, deficiência de nitrogênio.



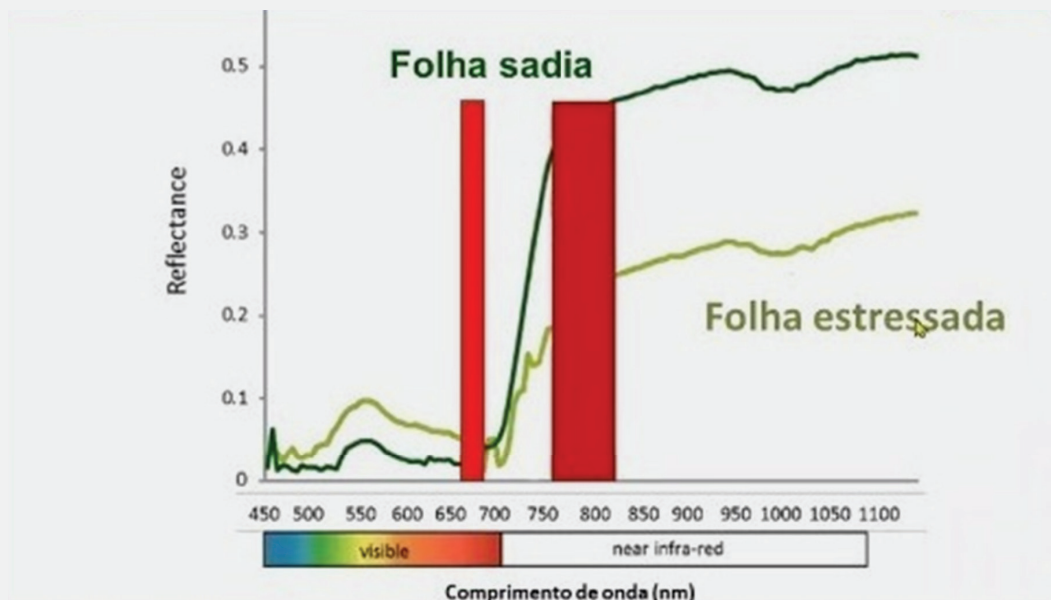
**Figura 05** Curva de reflectância da vegetação. Fonte: BREDEMEIER (2021)

Essa planta reflete mais no espectro visível. Tanto que, quando se observa a olho nu uma cultura com deficiência de nitrogênio, por exemplo, percebe-se que suas folhas são mais claras, porque estão refletindo mais radiação.

Por outro lado, no espectro do infravermelho próximo, que não é visível, essa vegetação reflete menos, porque possui menor produção de biomassa.

Voltando à fórmula matemática do NDVI, o resultado numérico é sempre a variação entre **-1 e +1**. Quanto mais sadia está a planta, mais o índice do NDVI é próximo de +1.

**“Quanto mais sadia está a planta,  
mais o índice do NDVI é próximo de +1”**



**Figura 06** Curva de reflectância da vegetação II. Fonte: BREDEMEIER (2021)

## 1.7 APLICAÇÃO DOS PARÂMETROS DO NDVI

Para exemplificar melhor o NDVI na realidade da lavoura, consideremos um talhão com alta produção de biomassa, elevado teor de clorofila e bom suprimento de nitrogênio. O resultado é uma área com plantas de melhor sanidade e boa população de plantas.

Já num segundo talhão da lavoura o contexto é outro: apresenta menor desenvolvimento de biomassa, deficiência de nitrogênio, ataque de pragas que causam desfolha, ou por doença que reduz a área foliar da planta.

Quando o sol incide sobre essa lavoura, verifica-se o seguinte:

**1a.** No talhão mais sadio, a energia solar reflete 6% no vermelho (ou seja, de toda radiação, 6% é refletida no comprimento de onda do vermelho no espectro eletromagnético);

**2b.** No talhão que apresenta deficiência, 9% da radiação é refletida na onda do vermelho. Por isso, visualmente, temos plantas mais claras;

**1b.** Por outro lado, no infravermelho próximo (que é a porção não visível do espectro eletromagnético), o talhão com mais biomassa reflete 50% no infravermelho próximo;

**2b.** Já o talhão mais deficiente reflete menos (40%) no infravermelho próximo, porque tem menos biomassa.

Vamos aplicar esses números, então, na equação do NDVI:

• No talhão 1, que parece ser mais sadio, temos:

**50% – 6%, dividido por 50% + 6%. Resultado do NDVI: 0,8.**

• No talhão 2, que apresenta deficiências, temos:

**40% – 9%, divididos por 40% + 9%. Resultado do NDVI: 0,63.**

Ao medir a quantidade de reflectância das folhas – quanto mais verde é a vegetação, maior é sua reflectância –, o produtor tem condições de analisar alguns parâmetros da lavoura, como nutrição das plantas (em especial para o Nitrogênio), sanidade, déficit hídrico, entre outros.

Por isso que esse índice é ferramenta interessante para se fazer o monitoramento do crescimento de plantas e conferir o desenvolvimento da vegetação em uma fazenda.

*NDVI apoia o produtor ao acompanhar o desenvolvimento da vegetação*



**CONFIRA**

Como a ciência de dados pode potencializar o monitoramento da fazenda

Capítulo 2

---



# INTERPRETAÇÃO

DAS IMAGENS E  
APOIO ÀS DECISÕES  
DO PRODUTOR

# INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS E APOIO ÀS DECISÕES DO PRODUTOR

## 2.1 TIPOS DE IMAGENS DE SATÉLITE

No mercado agrícola, existem diferentes empresas que disponibilizam imagens de satélite para serem utilizadas na gestão do campo.

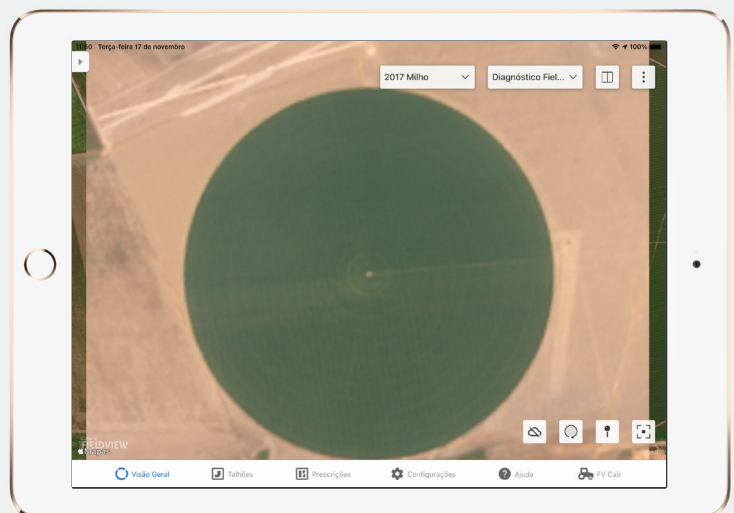
A **Climate FieldView™**, por exemplo, disponibiliza ao agricultor três tipos de imagens e algumas delas com índices de medição próprios, como o **CCI (Climate Crop Index)**. Vamos conhecê-las!

### • IMAGEM REAL

O satélite, quando captura a imagem, detecta a reflectância no vermelho e no infravermelho próximo. Porém, também capta outras bandas, que são as bandas, por exemplo, do visível, se obtém uma imagem real da lavoura (RGB – red, green, blue).

Essa é a chamada imagem verdadeira da área, mas que não permite verificar os detalhes da sanidade do talhão. No entanto, ela é utilizada para identificar a presença de nuvens no momento em que a foto está sendo tirada.

A partir da **Imagem Real**, a plataforma **Climate FieldView™** gera outras duas: o Mapa de Vegetação e o Mapa de Monitoramento.



**Figura 7A** Imagem Real do pivô, captada pelo satélite da Climate FieldView™

## • MAPA DE VEGETAÇÃO (NDVI e CCI)

Esse mapa evidencia as variabilidades de desenvolvimento vegetativo da lavoura, que são registradas por meio do **NDVI e do CCI**.

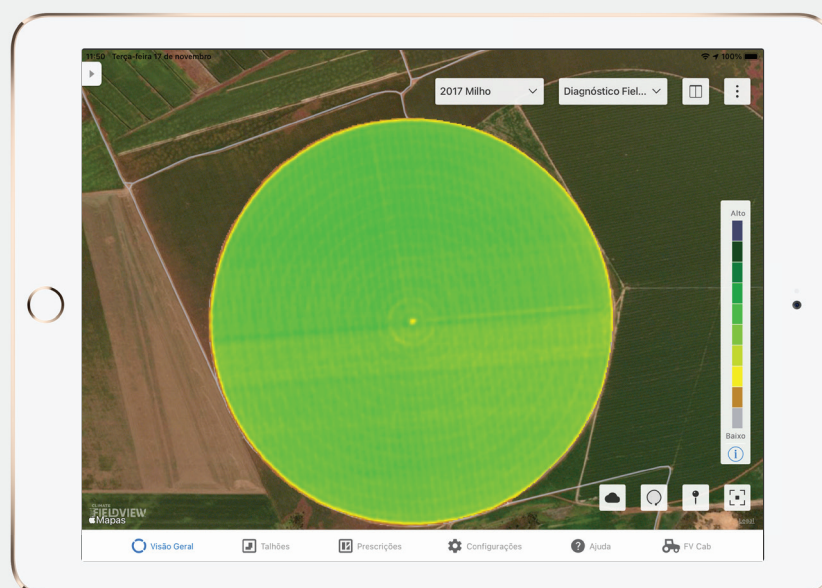
Já falamos sobre o NDVI, mas você conhece o CCI?

O **Climate Crop Index** é um índice de saúde da vegetação semelhante ao NDVI, mas com algumas diferenças:

- Corresponde ao conteúdo de biomassa verde (saúde da vegetação) da lavoura
- Foi projetado para ter uma melhor correlação com a produtividade da cultura no final da temporada;
- É menos sujeito à saturação (perda de variabilidade em biomassa muito alta) do que o NDVI;
- É mais preciso do que o NDVI na medição de biomassa no início da estação (quando mais solo é visível) e mais tarde na estação (quando a biomassa está mais desenvolvida).

Para gerar tanto o CCI, como o NDVI, as imagens da lavoura são capturadas, em média, a cada 5 dias pelo satélite, desde que as nuvens não atrapalhem a sua captura.

Mas e se as cores indicadas ainda não forem muito marcantes, dificultando visualizar a variabilidade de desenvolvimento vegetativo do talhão? Neste caso, o produtor pode analisar uma terceira imagem.



**Figura 7B** Mapa de Vegetação do pivô, gerado pela Climate FieldView™



## ENTENDA MELHOR

Sensoriamento remoto na agricultura, como utilizá-lo.



### • MAPA DE MONITORAMENTO (CCI)

Os produtores que acompanham os seus talhões com a plataforma **Climate FieldView™** têm à disposição um terceiro tipo de imagem, que é baseado no Mapa de NDVI.

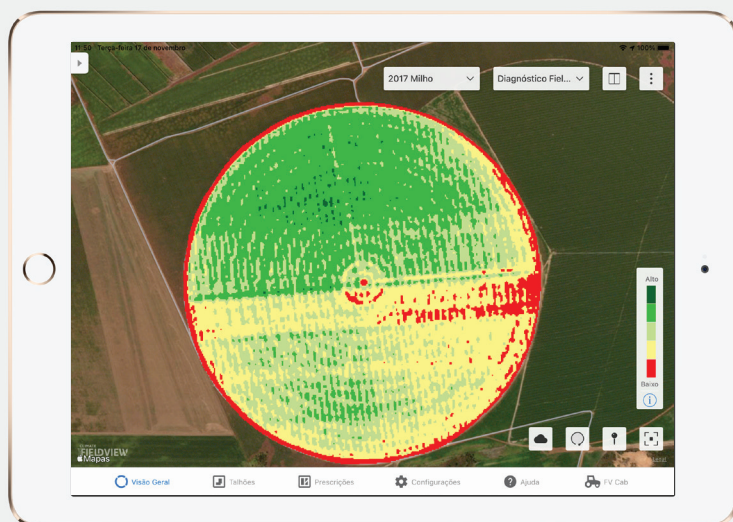
Por meio do cálculo realizado pelo **Climate Crop Index (CCI)**, as variabilidades ficam mais realçadas em relação ao Mapa de Vegetação, facilitando a análise.

É que a imagem gerada a partir do CCI permite identificar rapidamente a variabilidade do desenvolvimento vegetativo do talhão. Para tornar visual essa variação, o índice usa um gradiente de cores entre verde escuro e vermelho, passando por diferentes cores intermediárias, como o amarelo.

Nessa gradação, quanto mais vermelha é a cor de uma região da imagem, mais crítico é o desenvolvimento vegetativo naquele ponto. Por outro lado, quanto mais os pontos do mapa tendem à coloração verde escura, mais esses locais possuem alto vigor vegetativo.

O CCI faz individualmente esse ajuste de escala do Mapa de Monitoramento para cada talhão, apresentando, de maneira clara e didática, as diferenças de crescimento vegetativo mostradas nos valores do CCI.

As áreas desse mapa marcadas em vermelho e amarelo indicam ao produtor que existem problemas de desenvolvimento e devem ser priorizadas num possível monitoramento.



**Figura 7C** Mapa de Monitoramento do pivô, gerado pela Climate FieldView™

## 2.2 INTERPRETAÇÃO CORRETA DO NDVI/CCI

Tão importante quanto ter em mãos uma imagem de NDVI/CCI é saber interpretá-la. É saber comparar o mapa com outras fontes de dados, atuais ou históricas, para diagnosticar as variabilidades de vigor verificadas no talhão.

Isso é crucial porque o NDVI/CCI apoia o trabalho do agricultor, ao mostrar que existem variações no talhão no desenvolvimento vegetativo das plantas.

Mas essa ferramenta não mostra o que causa a variação do desenvolvimento da lavoura: cabe ao produtor investigar a área indicada no NDVI/CCI, para verificar se é um problema de compactação, de baixa fertilidade, de presença de pedras, de ataque de pragas e nematóides, de doenças, etc.

**“O NDVI não mostra o que causa a variação do desenvolvimento da lavoura: cabe ao produtor saber diagnosticar a imagem para tomar a melhor decisão.”**

Mas o NDVI/CCI agrega valor na tomada de decisões na lavoura quando o gestor da propriedade ou o produtor sabem diagnosticar os dados apresentados pela imagem de satélite.

Essa ferramenta pode ajudar de diferentes maneiras:

- **Acompanhamento da evolução do desenvolvimento vegetativo de uma área** – ao longo da safra indica pontos de maior e menor vigor e onde é necessário um monitoramento diferenciado;
- **Análise de imagens históricas** – acesso às imagens dos talhões da fazenda capturadas nas safras anteriores, permitindo identificar manchas persistentes e o potencial produtivo de cada parte da área;
- **Comparação das imagens de satélite com outras camadas de informação** – diferentes dados, como de colheita, de fertilidade do solo etc, podem ser analisados conjuntamente com os mapas de NDVI/CCI, facilitando o diagnóstico de uma área com variabilidade de desenvolvimento vegetativo, possibilitando realizar uma intervenção em taxa variável na área;

- **Correção de operações agrícolas** – monitorar a qualidade das operações agrícolas realizadas em uma área, como plantio, adubação, colheita e pulverização, por meio de séries temporais de NDVI/CCI, com a possibilidade de corrigir eventuais problemas.
- **Delineamento de zonas de manejo** – permite identificar partes da lavoura que devem receber tratamento diferenciado;
- **Detecção de populações de plantas** – ao analisar a imagem de NDVI/CCI, é possível ter uma ideia se há variação de população de plantas em uma área. Se alguma anomalia for detectada, vale a pena investigar;
- **Direcionamento de análises de solo** – indica a necessidade de uma análise de solo específica na área ou direciona intervenções de manejo em taxa variável;
- **Identificação de possíveis pragas, doenças e anomalias** – facilita o monitoramento desses problemas, indicando áreas críticas em determinado talhão que devem ser priorizadas pelo produtor;
- **Realização de testes de materiais e produtos** – auxilia na realização de diferentes testes no campo, como de genótipos, de defensivos, e fertilizantes, etc. Pode-se fazer, por exemplo, testes em faixas. O NDVI/CCI otimiza o acompanhamento do desenvolvimento vegetativo dessas faixas ao longo do ciclo, de forma rápida e prática.

Confira, no próximo capítulo, algumas **aplicações do NDVI/CCI na agricultura** em diferentes situações do dia a dia do campo e como esse índice pode beneficiar o produtor.

**“Tão importante quanto ter em mãos uma imagem de NDVI é saber interpretá-la.”**



## **LEIA MAIS**

Confira 5 funcionalidades da agricultura digital que ajudam na aplicação de defensivos

Capítulo 3

---



# DIFERENTES

APLICAÇÕES DO  
NDVI/CCI NA  
AGRICULTURA

### 3.1 NDVI/CCI INDICA A VARIAÇÃO DO VIGOR DA BIOMASSA

Milho, soja, trigo, cevada, cana-de-açúcar, entre outras. O NDVI/CCI pode apoiar o produtor em praticamente todas as culturas agrícolas.

Esse índice agrega valor à produção agrícola, uma vez que é eficiente na **análise da variabilidade da produção e da biomassa** de determinada lavoura.



**Figura 8** Índice de vegetação por diferença normalizada em área experimental de trigo. Fonte: BREDEMEIER (2021)

Para ilustrar esse benefício do NDVI, vamos compartilhar um exemplo de um teste de parcelas experimentais realizado em um campo de trigo, sob condução do professor BREDEMEIER (2021), da UFRGS (Figura 8).

O que se tem é um mosaico de cores, obtido pela variação da quantidade de nitrogênio que foi aplicado na área. Algumas parcelas receberam doses maiores, outras menores, o que impactou diretamente no desenvolvimento vegetativo de cada uma.

Nas parcelas que receberam mais Nitrogênio se tem mais biomassa. Visualmente, o verde é mais intenso, indicando que possuem maior teor de clorofila. Nessas áreas, o NDVI é mais alto: acima de 0,80.

Já onde há pouca vegetação por conta da menor aplicação de Nitrogênio, a coloração é um verde menos intenso. O resultado é um NDVI mais baixo, perto de 0,40.

Ou seja, a variação do **NDVI sinaliza as variações de vigor da biomassa da vegetação** na superfície. Um indicativo eficiente para se fazer o monitoramento da lavoura.

### 3.2 MAPA DE NDVI/CCI X MAPA DE PRODUTIVIDADE

Com o apoio do NDVI/CCI, o agricultor pode **comparar mapas obtidos durante o desenvolvimento vegetativo** da cultura com o resultado da produtividade final no referido talhão.

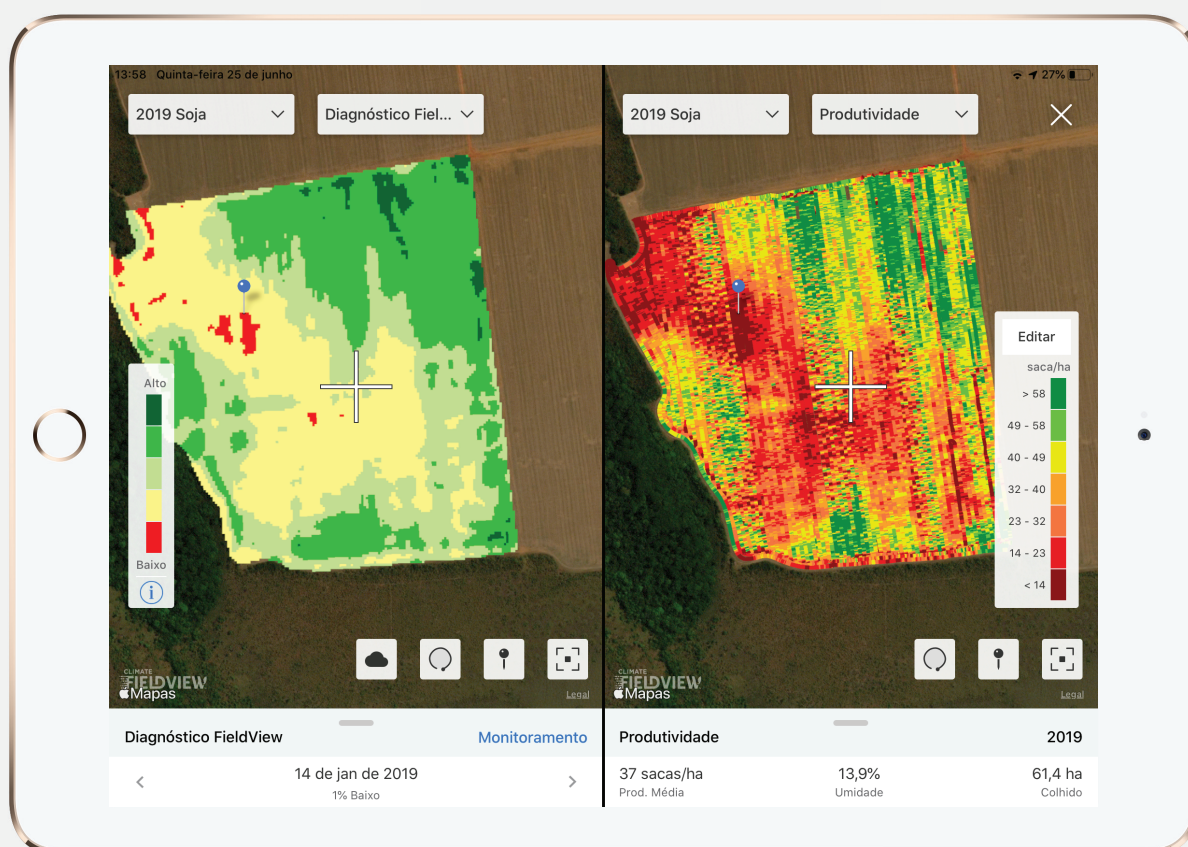
Em um exemplo prático (Figura 9), é possível correlacionar uma imagem de CCI (Mapa de Monitoramento do Diagnóstico FieldView™) de um talhão de soja com o Mapa de Produtividade da mesma área.

Ao analisar a imagem de monitoramento, foi identificada uma área crítica por conta do desenvolvimento vegetativo, a qual foi marcada com um PIN georreferenciado.

Após a colheita, vamos voltar a esse mesmo ponto do talhão que fora marcado com PIN durante a fase de crescimento da lavoura. Ao se analisar o Mapa de Produtividade, constata-se que esse local registrou baixa produtividade.

Ao se observar novamente o Mapa de Monitoramento, é nítido perceber que onde o CCI marcou com verde ou verde escuro (áreas de bom e elevado desenvolvimento vegetativo, respectivamente), atingiu-se boa produção no Mapa de Produtividade.

**Figura 9** Comparação entre Imagem do Diagnóstico FieldView™ (à esquerda) com o Mapa de Produtividade (à direita), de área de soja, em 2019



Em outro talhão de soja (Figura 10), também é possível analisar a relação entre um Mapa de CCI com um Mapa de Produtividade.

Na imagem CCI (Mapa de Monitoramento do **Diagnóstico FieldView™**), os trechos em verde e verde mais escuro mostram onde a soja teve maior produção de biomassa. Já onde o verde é mais claro, houve menor produção de biomassa, ou seja, menor CCI.

Essas mesmas áreas do talhão são as que atingiram maior rendimento na colheita de grãos no Mapa de Produtividade.

Dessa forma, ao comparar os dois mapas, é possível concluir que há uma correspondência entre ambos. Ou seja, as áreas do talhão que produziram maior biomassa, conforme indicado no Mapa de CCI, foram os locais com maior potencial produtivo ao final da safra, conforme confirmado pelo Mapa de Produtividade.



**Figura 10** Comparação entre Imagem do Diagnóstico FieldView™ (à esquerda) com Mapa de Produtividade (à direita) de área de soja, em 2018

### **3.3 DETECÇÃO DE POPULAÇÕES DE PLANTAS PELO NDVI**

O NDVI também pode ser usado para relacionar uma outra variável de interesse econômico: a população de plantas.

É possível diferenciar a população de plantas por metro quadrado em todos os estádios da lavoura, cuja variabilidade pode ser detectada pelo NDVI.

Ou seja, ao se analisar a imagem NDVI, o produtor pode ter uma ideia se há variação de população de plantas em uma área. Caso algum problema seja detectado, vale a pena investigar e tomar as providências necessárias.

### **3.4 RELAÇÃO ENTRE A IMAGEM DE NDVI E A ÁREA FOLIAR**

A imagem NDVI pode ser usada para monitorar o avanço do índice de área foliar ao longo da safra, detectando variações espaciais de crescimento das plantas.

Existe essa possibilidade porque a relação do NDVI é estreita com o índice de área foliar da lavoura – quanto maior é o índice de área foliar, maior é o NDVI.

Isso indica que a imagem de NDVI pode ser usada para monitorar o avanço do índice de área foliar ao longo do ciclo ou detectar variações espaciais no crescimento do índice de área foliar em determinada lavoura.



**SAIBA MAIS**

Monitoramento de pragas: o manejo que pode salvar a lavoura.

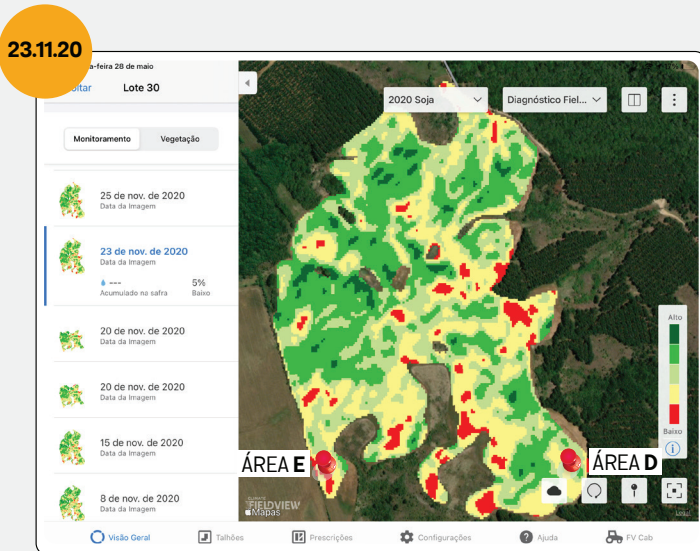


### 3.5 ACOMPANHAR O DESENVOLVIMENTO DA LAVOURA EM DIFERENTES MOMENTOS

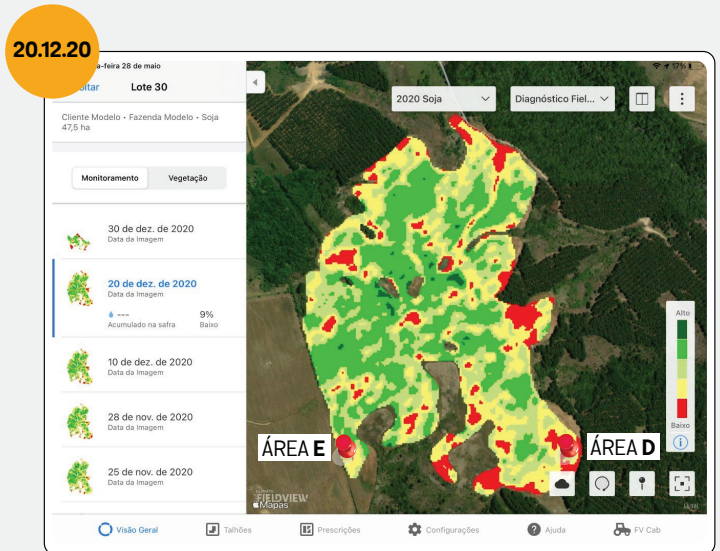
O NDVI/CCI acompanha o crescimento vegetativo durante toda a safra, possibilitando análises detalhadas desse desenvolvimento em períodos pontuais ao longo do ciclo.

Esse monitoramento permanente permite uma análise dinâmica da vegetação, facilitando a identificação de pontos críticos na lavoura, como ataque de pragas ou doenças em manchas ou reboleiras, subsidiando a adoção de medidas rápidas e assertivas.

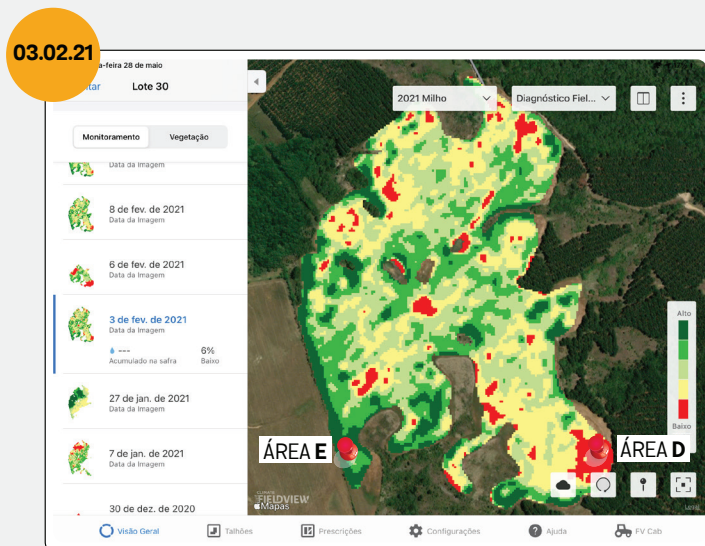
Por acompanhar as condições de desenvolvimento vegetativo, o índice mostra se alguma parte do talhão está com crescimento mais lento. Esse acompanhamento é importante porque indica locais críticos, que podem ser visitados e alguma intervenção pode ser realizada.



**Figura 13A** Talhão de soja é registrado pelo Mapa de Monitoramento do Diagnóstico FieldView™



**Figura 13B** Talhão de soja é registrado pelo Mapa de Monitoramento do Diagnóstico FieldView™



**Figura 13C** – Talhão de soja é registrado pelo Mapa de Monitoramento do Diagnóstico FieldView™

Trazemos o exemplo de um talhão de soja, cujas imagens de CCI permitem fazer a **análise temporal da lavoura**, facilitando ao produtor traçar uma **estimativa de produtividade para a área**.

Ao se comparar imagens do talhão registradas em diferentes momentos da mesma safra (em novembro, dezembro e fevereiro) é nítido que a coloração do mapa muda de acordo com o crescimento da lavoura.

Algumas partes do talhão (área D), por exemplo, que no início do ciclo apresentaram coloração amarela (médio vigor), evoluíram no final do ciclo para uma coloração preocupante (vermelha), exigindo grande atenção no monitoramento.

Já em outra região do mesmo talhão (área E), que em novembro e dezembro oscilava entre pontos de médio e bom crescimento vegetativo (entre amarelo e verde), atingiu elevado vigor no final da safra (verde escuro), em fevereiro.

Ao comparar as imagens, registradas em diferentes momentos do ciclo, o produtor pôde **projetar a produtividade com base na tendência do desenvolvimento vegetativo** de cada parte do talhão. Fazer esse acompanhamento detalhado ao longo da safra também permitiu detectar pontos críticos na lavoura, que pudessem exigir medidas mais assertivas.

### **3.6 DEFINIÇÃO DE ZONAS DE ALTA E BAIXA BIOMASSA**

A lavoura monitorada pelo NDVI/CCI permite **dimensionar a variabilidade do desenvolvimento vegetativo** que existe na área e definir zonas de alta ou baixa biomassa.

Essa divisão da lavoura em duas zonas ocorre com a captura de imagens aéreas e a aferição do NDVI/CCI da área. Caso contrário, **olhando da superfície, não é possível detectar a variabilidade de crescimento das plantas**, nem mesmo seria possível o monitoramento mais preciso da cultura.

### 3.7 COMPARAÇÃO DE IMAGENS NDVI COM OUTRAS CAMADAS DE INFORMAÇÃO

O NDVI e o CCI também possibilitam a comparação entre mapas que registram o desenvolvimento vegetativo com outras camadas de informações geradas por diferentes tecnologias.

Para isso, é possível transferir mapas em Shapefile ou GeoTif para uma plataforma digital.

Dessa forma, **o produtor pode compará-los com outros dados**, como Mapas de Plantio, Fertilidade do Solo, Condutividade Elétrica, Velocidade, Produtividade, o que facilita a gestão das informações.

Na Figura 14A, por exemplo, o produtor pode comparar no mesmo talhão o Mapa de Monitoramento do Diagnóstico FieldView™, registrado ao longo da safra, com o Mapa de Produtividade, obtido após a colheita da área.

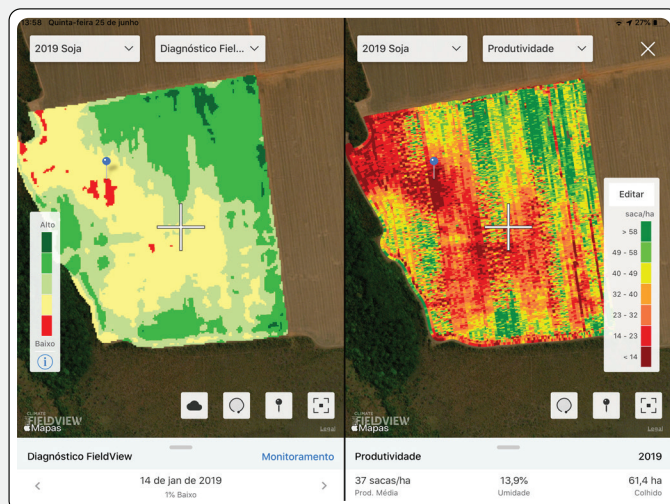


Figura 14A

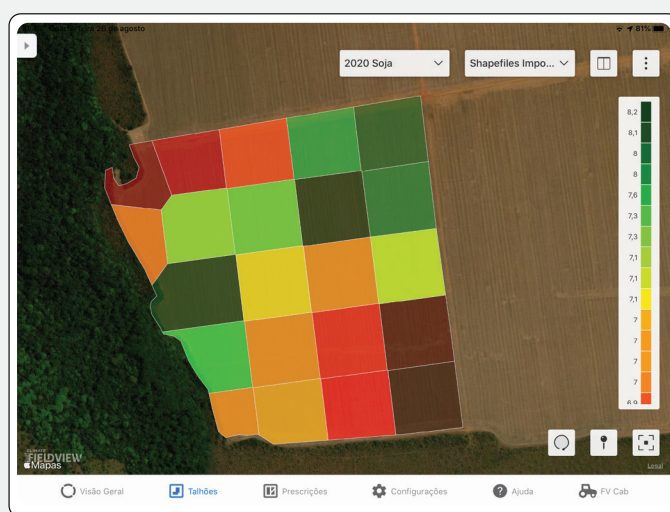


Figura 14B Mapa de análise de solo do mesmo talhão, importado para a plataforma Climate FieldView™.

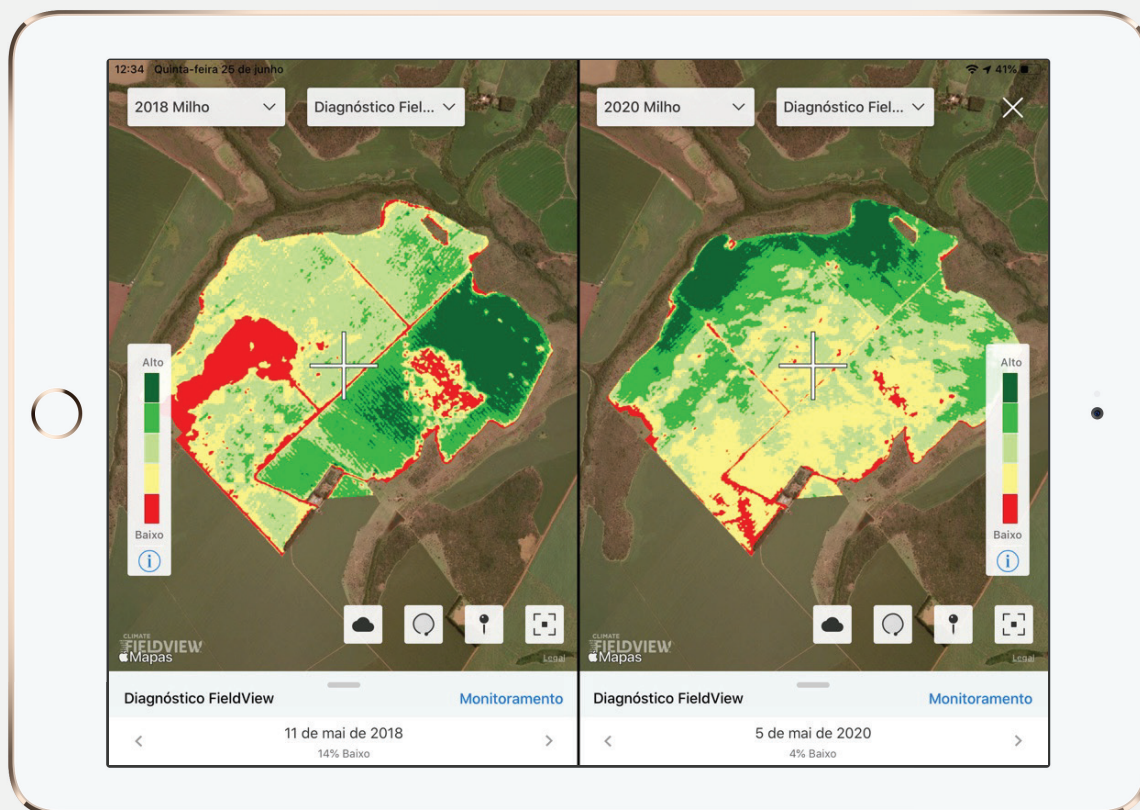
Na sequência, essas duas imagens podem ser correlacionadas com dados de análises de solo desse talhão e que podem ser importados para a plataforma Climate FieldView™ (Figura 14B). O resultado dessa comparação pode ser a geração de um mapa de correção do CTC do solo na área.

### 3.8 ANÁLISES DE IMAGENS HISTÓRICAS DA LAVOURA

Outro benefício dos Mapas de CCI é a possibilidade de acesso às imagens de determinada área capturadas há anos. Na plataforma **Climate FieldView™**, por exemplo, é possível analisar mapas de até quatro anos atrás.

Desse modo, o produtor pode **analisar imagens históricas para identificar manchas e reboleiras** de pragas ou doenças, se manchas de baixo vigor são persistentes, se um problema verificado na lavoura de soja também é constatado quando a área é cultivada com milho, ou se ocorrem apenas em cultivos de inverno etc.

A disponibilidade dos mapas de CCI das safras passadas apoia o produtor a ter um olhar mais detalhado sobre o potencial da área e os desafios de cada parte de um talhão.



**Figura 15** Comparação de imagens históricas do mesmo talhão do Diagnóstico FieldView™

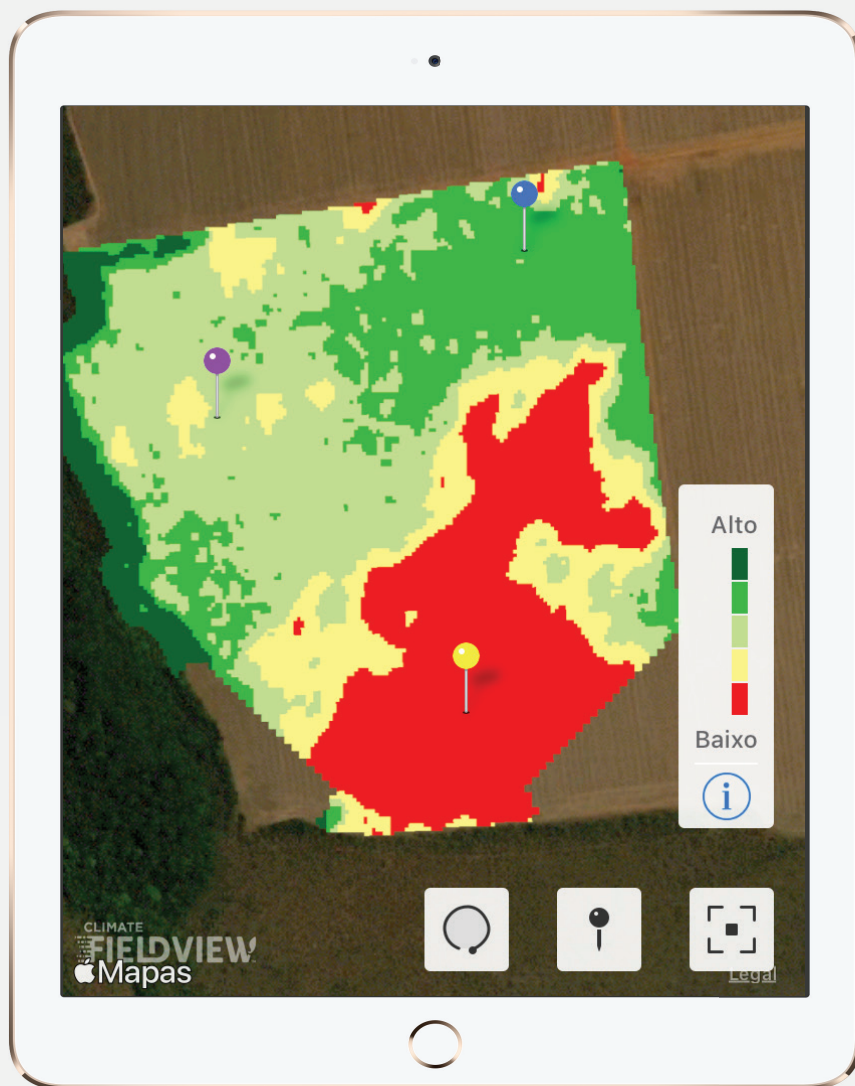
### 3.9 CRIAÇÃO DE AMBIENTES DE PRODUÇÃO

Ao trabalhar com diferentes camadas de informação, o agricultor tem a possibilidade de combiná-las para criar Ambientes de Produção.

Mas do que se tratam? São zonas de manejo nas quais o agricultor pode adotar um manejo variável, de acordo com as características e demandas desses ambientes de produção.

Por exemplo, pode analisar o Mapa de Colheita e o Mapa de Capacidade de Troca de Cátions (CTC), junto com os dados do CCI, para verificar a necessidade de fazer uma aplicação de fertilizantes em taxa variável em determinada área durante a safra ou para o ciclo seguinte (comparar Figura 14A com Figura 16).

Nessa análise, o CCI torna-se mais uma camada de informação, permitindo que o delineamento desses ambientes seja muito mais preciso, uma vez que ajuda o produtor a entender os ambientes de menor produtividade (marcados em vermelho) e os de alto potencial produtivo (em verde).



**Figura 16** Mapa de Monitoramento do Diagnóstico FieldView™  
indica onde deve receber correção de CTC do solo.

Em outro exemplo de delineamento de zonas de produção, é possível utilizar as imagens históricas de uma área.

O primeiro passo é analisar os mapas do mesmo talhão em safras anteriores, constatando a repetição de áreas problemáticas (de menor vigor). Ao avaliar as Figuras 16A, 16B e 16C, registradas em 3 anos consecutivos, é possível perceber que o talhão possui zonas com tendência a maior ou menor desenvolvimento de biomassa.

2018



Figura 16A

2019



Figura 16B

2020



**Figura 16C** Diagnóstico FieldView™ registra o perfil do vigor da biomassa em um mesmo talhão em três anos consecutivos

Mas atenção! Como nesse exemplo, as zonas de produção podem sofrer alterações de uma safra para outra: nesse período uma área de baixo vigor pode dobrar de tamanho; ou uma área de médio desenvolvimento vegetativo pode apresentar baixo crescimento no ano seguinte.

Ao correlacionar as imagens e os dados, recomenda-se dividir o talhão em zonas de produção, possibilitando avaliações e manejos direcionados, como análises de solo.

Dessa forma, a partir das imagens do CCI, pode-se **ajustar o manejo das diferentes zonas do talhão de acordo com a variabilidade espacial**, otimizando a aplicação de recursos e aumentando a produtividade.

### 3.10 MONITORAMENTO E CORREÇÃO DE OPERAÇÕES AGRÍCOLAS

Além do monitoramento histórico, o produtor pode usar séries temporais do NDVI e o CCI para **monitorar a qualidade das operações agrícolas realizadas em uma área**, como plantio, adubação, colheita, pulverização e irrigação.

Como qualquer operação não bem realizada na lavoura tende a refletir no desenvolvimento da planta, o NDVI e CCI podem evidenciar isso em suas imagens.

Para exemplificar, vamos considerar uma operação de aplicação de Nitrogênio na lavoura, feita por dois equipamentos diferentes. O primeiro aplicou a quantidade recomendada do nutriente, e o segundo teve algum problema operacional que ocasionou uma aplicação menor do que o ideal.

Quando o gestor da fazenda for analisar as imagens de NDVI, terá facilidade para identificar essa falha. É que a lavoura estará dividida em faixas de duas cores diferentes, de acordo com o padrão de desenvolvimento da cultura:

- A faixa mais verde corresponderá ao trajeto percorrido pela máquina que aplicou a quantidade certa do nutriente e terá um desenvolvimento vegetativo mais vigoroso;
- A faixa em verde mais claro mostrará o trajeto da máquina que apresentou falha durante a operação.

O erro operacional na aplicação de N pôde ser identificado facilmente pelo NDVI.

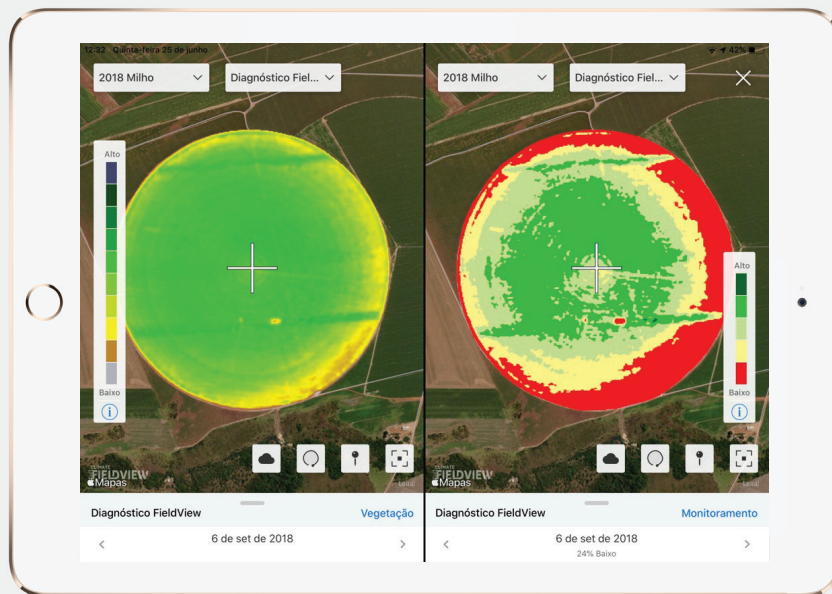


#### ENTENDA MELHOR

Como funcionam as prescrições em taxa variável do FieldView™

### 3.11 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM PRAGAS E DOENÇAS

O CCI também pode ser decisivo na identificação de áreas infestadas por pragas e doenças. Em área de pivô de milho (Figura 18), o Mapa de Monitoramento do Diagnóstico FieldView™ detectou uma área de baixo desenvolvimento vegetativo, marcada na imagem em vermelho.



**Figura 18** Área de pivô monitorada pelo Diagnóstico FieldView™

O produtor priorizou a visita ao local, verificando alta infestação de cigarrinha. Assim, pôde adotar uma ação rápida para controlar o problema. Como o CCI mostrou os locais com a presença da praga, não foi necessário pulverizar todo o talhão, reduzindo o custo da aplicação.

Em outro exemplo, ao analisar o Mapa de Vegetação do Diagnóstico FieldView™ de um talhão, o gestor de uma usina de cana-de-açúcar detectou uma área com baixo desenvolvimento de biomassa.



**Figura 19** Mapa de Vegetação do Diagnóstico FieldView™ permitiu detectar área com migdolus no canavial

Uma equipe foi enviada ao local, que identificou a incidência de uma praga de solo que causa redução severa de produtividade à cultura: o *migdolus*.

Ao longo da safra, é importante que esse monitoramento seja constante nos talhões. Assim, sempre que anomalias como essas forem identificadas, é possível agir correta e rapidamente.



### 3.12 DIRECIONAR A APLICAÇÃO DE INSUMOS EM TAXA VARIÁVEL

O NDVI e o CCI permitem ao produtor aplicar insumos na área, como fertilizantes, com maior assertividade.

Sempre que o índice detectar áreas com variabilidade de desenvolvimento vegetativo, é motivo de investigar o problema.

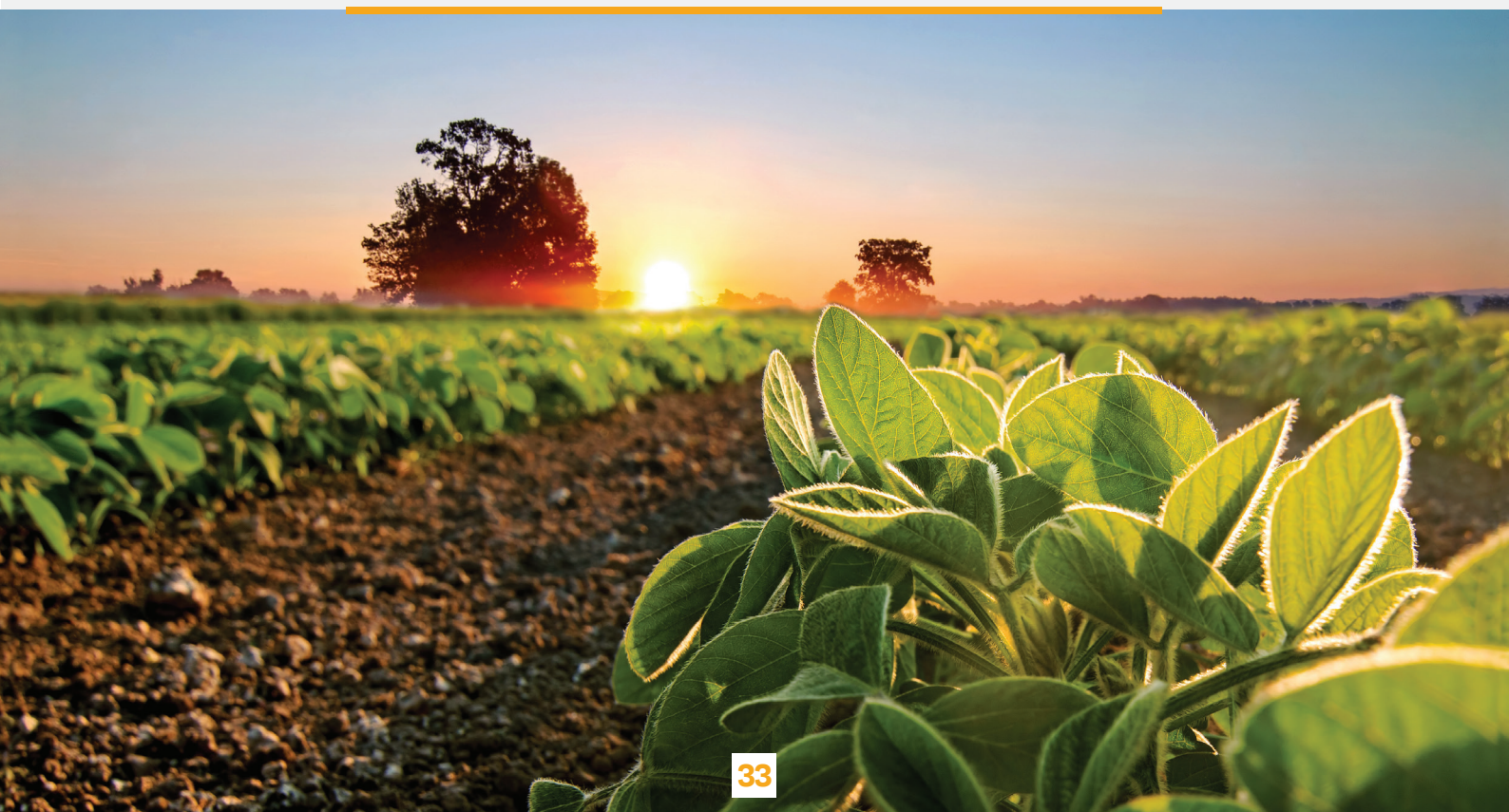
Se o problema é variabilidade de nitrogênio, por exemplo, o produtor pode **utilizar o Mapa de NDVI ou CCI para nortear a aplicação** do nutriente.

Para isso, pode usá-los como referência para o uma **Prescrição em Taxa Variável** de Fertilizante na área, gerando um Mapa de Aplicação de Nitrogênio.

Dessa forma, o produtor terá como otimizar a aplicação do insumo na lavoura, uma vez que as áreas que aparecem num verde mais escuro no NDVI ou CCI, vão receber menos produto durante a adubação.

Por outro lado, as áreas de menor vigor, que estão em verde claro no mapa de NDVI ou CCI, recebem doses maiores do nutriente.

É a tecnologia do NDVI e do CCI possibilitando uma aplicação mais eficiente e com menor custo.



## O CCI É ALIADO DA PRODUTIVIDADE E DA LUCRATIVIDADE NO CAMPO

Nesse texto, foi possível entender como o NDVI e o CCI podem ser utilizados no dia a dia da fazenda.

Parceira de vários produtores brasileiros, em diferentes culturas agrícolas, a plataforma **Climate FieldView™** oferece aos agricultores uma funcionalidade própria baseada nas imagens de CCI: o **Diagnóstico FieldView™**.

Essa funcionalidade disponibiliza três imagens diferentes e em alta resolução, conforme apresentadas anteriormente neste texto (Imagem Real e Mapas de Vegetação e de Monitoramento).

São imagens enviadas quinzenalmente ao produtor, que possibilitam monitorar com eficiência a fazenda e identificar rapidamente variabilidades na lavoura.

Essencial para a tomada de decisões assertivas na proteção de sua produtividade e lucratividade.

Quer saber mais sobre como você pode otimizar o monitoramento da sua lavoura utilizando imagens de satélite e entender melhor as aplicações do Diagnóstico FieldView™?



Conheça melhor a funcionalidade  
**DIAGNÓSTICO FIELDVIEW™**

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CRUSIOL, L.G.T. **Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento do déficit hídrico na cultura da soja.** XII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. 2017.

FONTANA, D. C. **NDVI e alguns fatores de variabilidade.** Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Abr. 2019.

BREDEMEIER, Christian. **Fundamentos e Aplicações do NDVI na Agricultura.** In: AULA MINISTRADA NA UNIVERSIDADE FIELDVIEW. São Paulo, 2021

PARA A  
CLIMATE FIELDVIEW™,  
**MAIS DADOS  
SÃO MAIS  
RESULTADOS.**

---

Acesse o nosso site  
[climatefieldview.com.br](https://climatefieldview.com.br)



**CLIMATE**  
**FIELD**  
**VIEW**  <sup>TM</sup>