

Santo Antônio de Goiás, GO / Outubro, 2025

Necessidade de nitrogênio em cobertura em arroz irrigado estimada pelo uso do clorofilômetro

Alberto Baêta dos Santos, Mellissa Ananias Soler da Silva, Pedro Marques da Silveira

Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO,



Introdução

As culturas agrícolas são altamente dependentes do nitrogênio (N) para alcançar seus potenciais produtivos. Esse elemento pode ser fornecido às plantas, principalmente, pela matéria orgânica do solo ou via fertilizantes sintéticos, sendo a via sintética a mais utilizada, por ser mais rápida e muito eficiente, porém mais onerosa e com maior impacto dentro dos custos de produção da cultura do arroz e no ambiente.

Por ser uma cultura anual de ciclo curto, o arroz é muito exigente em termos nutricionais. Em sistemas irrigados, a cultura apresenta produtividades de grãos mais elevadas, necessitando, portanto, de maiores teores de nutrientes e que estes estejam prontamente disponíveis nos momentos de maior demanda. Por essa razão, conhecendo-se as épocas de maior demanda é possível usar mais eficientemente o N, favorecendo a maior disponibilidade de formas de N no solo-solução, que são altamente absorvidas pelas plantas (NO_3^- e NH_4^+) e, ao mesmo tempo, com menores perdas de N para o ambiente, decorrentes do processo incompleto de

desnitrificação (formação de N_2O), ou pela volatilização de amônia (NH_3).

O N é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas, e se trata de um importante fator para determinação da produtividade potencial de grãos (Fageria, 2014). Entretanto, mesmo com o desenvolvimento de novas metodologias de análises e de equipamentos laboratoriais com avançada tecnologia, ainda não há metodologia disponível que identifique a necessidade de adubação nitrogenada ou a capacidade do solo em fornecer N para as plantas, de maneira similar como já existe para outros elementos no solo. Isto é devido à complexidade e interações entre os processos de transformação desse nutriente no solo e as condições climáticas (Fageria, 2014). A determinação da necessidade de adubação nitrogenada ainda vem sendo feita, há muitos anos, com base no teor de matéria orgânica do solo.

Para o usuário final, ou seja, os agricultores, que normalmente estão distantes da zona urbana, onde estão concentrados os laboratórios, e que não dispõem dos resultados da análise da planta,

do solo ou de outro método de orientação de maneira rápida, a adubação nitrogenada mineral no arroz irrigado é quantificada pela “análise” visual da lavoura ou baseada numa recomendação tradicional calendarizada. Muitas vezes, tal fato implica no risco de fornecer o nutriente em quantidade inadequada e fora da época de maior demanda pela planta. Assim, a dose usada pode ser sub ou superestimada, o que acarreta, por um lado, menor produtividade de grãos e, por outro, aumento dos custos de produção pelas perdas ou pelo uso desnecessário de fertilizantes e estímulo ao aparecimento de doenças, como brusone, aumentando o impacto ambiental da produção. Para melhor ajuste das épocas de aplicação, o monitoramento dos teores de clorofila e de N das folhas tem sido sugerido como uma alternativa aos métodos convencionais para o diagnóstico da necessidade de adubação nitrogenada. O medidor de clorofila, denominado clorofilômetro, equipamento portátil que fornece leituras em unidades SPAD (Soil Plant Analysis Development), que correspondem ao teor do pigmento presente na folha, tem sido utilizado para estimar o teor foliar de N, já que clorofila e N se correlacionam positivamente na mesma cultura, assim como com a produtividade de grãos (Carvalho et al., 2012).

Nos estudos conduzidos na região tropical por Santos et al. (2011, 2017), os estádios de desenvolvimento da planta de arroz em que os valores do Índice de Suficiência de N (ISN), obtidos com o uso do clorofilômetro, indicaram a necessidade da primeira aplicação de N foi V3 – V4, quando da formação do colar da 3ª e 4ª folhas no colmo principal, isto é, precedendo ou no início do perfilhamento; e da segunda aplicação de N foi em V7 – V8, quando da formação do colar da 7ª e 8ª folhas no colmo principal, ou seja, por ocasião do perfilhamento efetivo. Como a maioria das cultivares empregadas nessa região é de ciclo médio, ou seja, com desenvolvimento completo e colheita entre 120 e 135 dias, indica-se o parcelamento da adubação em duas aplicações.

Com este trabalho, apresentamos uma metodologia prática, rápida e simples para a determinação da dose de nitrogênio em cobertura na cultura de arroz irrigado, com base no uso do clorofilômetro. A aplicação da técnica proposta pode resultar em uso mais assertivo do fertilizante nitrogenado, o que, potencialmente, reduz as perdas para o ambiente, aumenta a rentabilidade da produção e melhora a qualidade de vida dos produtores rurais e das comunidades próximas às áreas de cultivo.

O objetivo deste trabalho alinha-se diretamente a diversas metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com destaque para a promoção da agricultura sustentável, a gestão de recursos naturais e a saúde ambiental. A principal aderência está na Meta 2.4: o estudo contribui para uma agricultura mais sustentável, pois o uso otimizado de fertilizantes melhora a qualidade do solo e do ecossistema, ao mesmo tempo que aumenta a produtividade da cultura; também se identifica alinhamento a Meta 3.9: já que a redução de perdas de nitrogênio para o ambiente, principalmente para a água, minimiza o risco de contaminação que pode afetar a saúde das populações próximas. Há também forte conexão com as Metas 12.2 e 12.4: Ao reduzir as quantidades de fertilizante nitrogenado aplicadas, o estudo minimiza a liberação desses produtos sintéticos no solo e na água, o que é uma forma direta de gestão sustentável de recursos (12.2), diminuindo a contaminação e os impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana (12.4).

Metodologia

No início do ciclo de uma lavoura já instalada, demarcam-se parcelas com dimensões variadas, por exemplo 30 m² (5 x 6 m) cada, com cerca de quatro repetições distribuídas em um módulo uniforme, as quais são denominadas como áreas “Referência” (Figura 1). As áreas de referência são pequenas parcelas da lavoura que servem como padrão de comparação. Nelas, é aplicada uma quantidade de nitrogênio que garante que as plantas nunca terão falta desse nutriente. A dose utilizada é alta, geralmente o dobro do que seria recomendado pela análise do solo, totalizando 200 kg ha⁻¹ de N. Essa dose é dividida em quatro aplicações de 50 kg ha⁻¹ de N. Isso é feito para assegurar que a planta tenha sempre a quantidade máxima de nitrogênio e, conseqüentemente, a maior concentração possível de clorofila.



Figura 1. Áreas de referência demarcadas na lavoura.

Em termos de sistema de produção, as áreas de referência diferem da área a ser adubada apenas por terem sido conduzidas com aplicação elevada de N. Vale ressaltar que, por ocasião da semeadura, juntamente com o fósforo e o potássio, deve-se aplicar parte do N no sulco, cerca de 10 a 15 kg ha⁻¹ de N, como medida preventiva ao aparecimento da deficiência do nutriente, e o restante em cobertura. Maiores quantidades de N na semeadura podem estimular o aparecimento de brusone e outras doenças nas folhas.

Para que a comparação seja válida, as áreas de referência devem ser cultivadas com a mesma cultivar de arroz usada nas áreas da lavoura a serem adubadas. Se houver diferentes cultivares, uma área de referência precisa ser instalada para cada uma delas.

A intenção é usar essas áreas como um “modelo ideal” de planta nutrida, para ajustar a aplicação de nitrogênio no resto da lavoura, garantindo que as plantas recebam a quantidade exata de que precisam. Para quantificar o N a ser aplicado em cobertura em arroz irrigado, o “status” de N nas plantas é monitorado pela relação definida como Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN), que é a relação entre as leituras do clorofilômetro (SPAD) em plantas bem nutridas em N, das áreas de referência, e em plantas da lavoura a serem adubadas em cobertura (Eq. 1).

$$\text{ISN (\%)} = \frac{\text{valores médios das leituras nas plantas da área a serem adubadas com N}}{\text{valores médios das leituras nas plantas da área de referência}} \times 100 \text{ Eq. 1.}$$

Em que: ISN = Índice de Suficiência de Nitrogênio, dado em porcentagem.

As áreas de referência são usadas para normalizar as leituras obtidas pelo clorofilômetro (Figura 2).



Figura 2. Leitura SPAD com o clorofilômetro.

A medição de clorofila com o medidor SPAD em lavouras de arroz é um processo padronizado para garantir a precisão dos dados. Em uma área de referência, as leituras são realizadas em dez a quinze plantas, especificamente no terço médio da folha mais jovem que já está totalmente expandida.

Para obter uma média que reflita com precisão a saúde das plantas, é essencial tratar os dados coletados. Antes de calcular a média final, é necessário identificar e remover valores atípicos, que são aqueles que se desviam significativamente do conjunto principal de leituras. Por exemplo, se a maioria das leituras estiver entre 35 e 40 unidades SPAD e poucas apresentarem valores como 12 ou 50, essas leituras discrepantes devem ser descartadas. Essa eliminação garante que a média calculada seja confiável e representativa do estado nutricional da área avaliada. Em seguida, de modo similar, efetuam-se leituras em áreas na lavoura a serem adubadas, próximas às áreas de referência. Essa adubação pretende assegurar que a diferença entre as leituras SPAD das duas áreas se deva à fertilização nitrogenada.

Para calibração do método, foram utilizados dados experimentais de Formoso do Araguaia, TO, e de Goianira, GO, de experimentos estabelecidos em dez safras e que, depois de organizados e consolidados, foram comparados com resultados de experimento realizado na Fazenda Palmital, em Goianira, GO, na safra 2023-2024, em um Gleissolo Háplico Ta distrófico neofluvisólico, para determinar o desempenho de cultivares de arroz irrigado influenciado pela segunda aplicação, em cobertura, de doses de N (Figuras 3 e 4), e associar as respostas ao uso do clorofilômetro. Foi estabelecido que seriam utilizados 10 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 30 kg ha⁻¹ de N na primeira cobertura no estágio de desenvolvimento V3 – V4, quando as plantas de arroz ainda apresentam reduzidos sistema radicular e área foliar, e o fertilizante nitrogenado é aplicado na superfície do solo, sem presença da lâmina de água de irrigação. A primeira adubação de cobertura (estádio V3-V4) deve ser realizada com 30 kg ha⁻¹ de N, preferencialmente, em solo seco, desde que a inundação da lavoura seja realizada o mais rápido possível, ou seja, indica-se um tempo máximo entre a aplicação de N e a inundação da lavoura de até três dias.

Doses mais elevadas poderiam resultar em maiores perdas do nutriente, considerando que a cultura do arroz recupera, em geral, 30-40% do nitrogênio sintético aplicado, ficando o restante 60-70% no ambiente, dada a complexidade e as interações entre os processos de sua transformação e as condições climáticas (Fageria, 2014).

Foto: Sebastião José de Araújo



Figura 3. Manejo de nitrogênio baseado no uso do clorofilômetro.

Foto: Alberto Baêta dos Santos



Figura 4. Desempenho de genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado em razão do manejo de nitrogênio.

As leituras com clorofilômetro foram tomadas no estágio V7 – V8 de desenvolvimento, ou seja, por ocasião do perfilhamento efetivo das plantas. Na normalização das leituras do clorofilômetro, usou-se como padrão o ISN no valor de 95%, conforme recomendado por Silveira e Gonzaga (2017), que

sugerem que plantas bem nutridas em N têm ISN $\geq 95\%$. Assim, quando o ISN da amostra situar-se abaixo de 95% da leitura na área de referência, recomenda-se realizar a adubação nitrogenada na cultura.

Para se determinar a eficiência das cultivares BRS Pampeira, BRS A704, BRS A 706 CL e BRS 705 de arroz irrigado no uso de nitrogênio, foram aplicadas doses crescentes de nitrogênio, quais sejam: 0, 45, 90 e 135 kg ha⁻¹ de N em segunda cobertura, comparando-se, em seguida, a curva de resposta das cultivares à aplicação do fertilizante por meio da utilização do clorofilômetro, em condições de campo. Os dados foram submetidos a análise de variância e, em seguida, análise de regressão foi utilizada para o fator dose e teste de médias Tukey ($P < 0,05$), para o fator cultivar. Considerando-se os resultados obtidos, foi desenvolvida a metodologia para adequação e uso de um fator associado ao ISN para recomendação da dose adequada de nitrogênio para a cultura do arroz tropical irrigado por inundação (Tabela 1).

A produtividade máxima estimada (PME) de grãos foi obtida por meio da curva de resposta quadrática de arroz irrigado, sendo o valor máximo de 9.649 kg ha⁻¹ estimado com a dose de 78 kg ha⁻¹ de N.

Para se determinar o valor do fator de ajuste da recomendação da adubação nitrogenada a ser aplicada em toda a lavoura, com base no clorofilômetro, dividiu-se 78 kg ha⁻¹ de N obtido na curva de resposta pela diferença entre 95% e o ISN calculado, isto é: $ISN (\%) = (35,7 / 41,3) \times 100 = 86,4\%$. Dessa maneira, foi estabelecido um fator igual a 10, aproximado para o próximo número inteiro. Ou seja, para cada unidade percentual de aumento no ISN para se atingir o nível adequado (95%), deve-se aplicar 10 kg ha⁻¹ de N na segunda cobertura por ocasião dos estádios V7-V8, perfilhamento efetivo ou pleno. Isto é, a recomendação da dose de N a ser aplicada na lavoura é baseada na Eq. 2:

Tabela 1. Produtividade máxima estimada (PME) de grãos e dose de nitrogênio (N) na segunda cobertura baseadas na curva de resposta de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado e no Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN) e fator de ajuste da recomendação de N.

PME (kg ha ⁻¹)	Dose de N para a PME (kg ha ⁻¹)	Leitura clorofilômetro		ISN (%)	95 – ISN (%)	Fator de ajuste	Dose de N baseada no ISN ¹ (kg ha ⁻¹)
		Área referência	Área a ser adubada				
9.649	78	41,3	35,7–	86,4	8,6	9,1	78

¹Dose de N = (95 – ISN) x Fator de ajuste da recomendação.

Dose de N = [(ISN desejado - ISN calculado) x fator de ajuste da recomendação] Eq. 2

Essa estratégia permite um manejo mais preciso do nitrogênio, evitando-se tanto a deficiência quanto o excesso desse nutriente, e contribui para a sustentabilidade e produtividade da lavoura.

Conclusão

A adubação nitrogenada de cobertura na cultura do arroz irrigado pode ser otimizada com o uso do clorofilômetro.

Para cada ponto percentual em que o Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN) estiver abaixo de 95%, recomenda-se a aplicação de 10 kg ha⁻¹ de nitrogênio na segunda adubação de cobertura.

Referências

- CARVALHO, M. A. de F.; SILVEIRA, P. M. da; SANTOS, A. B. dos. **Utilização do clorofilômetro para racionalização da adubação nitrogenada nas culturas do arroz e do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2012. 14 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 205). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/921626/1/ct205.pdf>. Acesso em: 07 out. 2025.
- FAGERIA, N. K. **Nitrogen management in crop production**. Boca Raton: CRC Press, 2014. 408 p.
- SANTOS, A. B. dos; SANTOS, T. P. B.; FILIPPI, M. C. C. de; ALVES, K. D.; BOTELHO, T. H.; CALDAS, P. P. de C. Utilização de sensor portátil para recomendação de adubação nitrogenada associada ao uso de fungicidas em arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 86–95, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v7i2.352>.
- SANTOS, A. B. dos; FAGERIA, N. K.; CALDAS, P. P. de C.; BOTELHO, T. H. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura em arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7., 2011, Balneário Camboriú. **Racionalizando recursos e ampliando oportunidades**: anais. Itajaí: Epagri, 2011. v. 2. p. 493-496.
- SILVEIRA, P. M. da; GONZAGA, A. C. de O. Portable chlorophyll meter can estimate the nitrogen sufficiency index and levels of topdressing nitrogen in common bean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 1-6, jan./mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4742128>.

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12, Zona Rural
Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
www.embrapa.br/arroz-e-feijao
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Isaac Leandro de Almeida*

Membros: *Fabiano Severino, Luis Fernando Stone, Pedro Marques da Silveira, Tereza Cristina de Oliveira Borba e Pricila Vetrano Rizzo*

Comunicado Técnico 273

ISSN 1677-910X / e-ISSN 1678-961X
Setembro, 2025

Edição executiva: *Riquelma de Sousa de Jesus*

Revisão de texto: *Luis Fernando Stone*

Normalização bibliográfica: *Riquelma de Sousa de Jesus (CRB-2/349)*

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Fabiano Severino*

Publicação digital: PDF



Ministério da
Agricultura e Pecuária

Todos os direitos reservados à Embrapa.