

**TEOR FOLIAR DE NITROGÊNIO EM MILHO FERTIRRIGADO COM EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO**

Abreu, P. A. S.<sup>1</sup>, Costa, B. R. S.<sup>1</sup>, Oldoni, H.<sup>1</sup>, Silva, W. T. L.<sup>2</sup>, Bassoi, L. H.<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> FCA UNESP Depto de Engenharia Rural, Avenida Universitária, 3780, 18610-034, Botucatu, SP

<sup>2</sup> Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, Caixa Postal 741, 13560-970, São Carlos, SP

\* Autor correspondente, e-mail: [luis.bassoi@embrapa.br](mailto:luis.bassoi@embrapa.br)

**Resumo:** O milho apresenta elevada exigência pelo nitrogênio e o monitoramento do seu teor foliar pode auxiliar no manejo nutricional dessa cultura. Dessa forma, um estudo foi realizado no município de São Carlos - SP para realizar a calibração de um equipamento portátil ClorofiLOG CFL 1030, que mede o índice relativo de clorofila, em função do teor foliar de nitrogênio. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram compostos por parcelas adubadas com NPK (ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio), EfPK (efluente de esgoto tratado, superfosfato simples e cloreto de potássio), Ef (efluente) e PK (superfosfato simples e cloreto de potássio). A calibração do equipamento foi realizada quando o milho se encontrava na fase de pendoamento. As folhas nas quais foram realizadas as leituras com o equipamento foram coletadas e enviadas ao laboratório para determinação do teor de nitrogênio. Foi observada correlação positiva entre os índices relativos de clorofila total (IRCT) e os teores foliares de nitrogênio. Os maiores valores de IRCT e teores foliares de nitrogênio foram encontrados no tratamento NPK, nas três medidas realizadas.

**Palavras-chave:** sensor de contato, calibração, índice relativo de clorofila, fossa séptica biodigestora.

***LEAF NITROGEN CONTENT IN CORN FERTIRRIGATED WITH TREATED SEWAGE EFFLUENT***

**Abstract:** Corn has a high demand for nitrogen and monitoring its leaf content may help the nutritional management on this crop. Thus, a study was carried out in São Carlos, state of São Paulo, Brazil, to calibrate a handheld equipment ClorofiLOG CFL 1030, which measures the relative chlorophyll index, as function of the leaf nitrogen content. The experimental design was a randomized block design with four treatments and three replications. The treatments consisted of plots fertilized with NPK (urea, simple superphosphate and potassium chloride), EfPK (treated sewage effluent, simple superphosphate and potassium chloride), Ef (effluent) and PK (simple superphosphate and potassium chloride). The calibration was performed when the corn was in the tearing phase. Leaves in which the readings were taken with the equipment were collected and sent to the laboratory for nitrogen content determination. A positive correlation was observed between relative total chlorophyll content (RTCC) and leaf nitrogen content. The highest values of RTCC and leaf nitrogen content were observed in NPK treatment, in all of the three evaluations.

**Keywords:** contact sensor, calibration, relative chlorophyll index, biodigester septic tank

**1. Introdução**

O milho é um dos cereais mais cultivados no mundo com produção equivalente a um bilhão de toneladas (FIESP, 2018). Um fator preponderante para obtenção de altas produtividades do milho é o correto fornecimento de nutrientes a cultura, com maior destaque para o nitrogênio, absorvido em maior quantidade, e indispensável na formação de aminoácidos, proteínas e clorofilas que auxiliam no desenvolvimento da planta e do grão; sua falta é a que mais limita a produção da cultura (OKUMURA et al., 2011).

A determinação de nitrogênio pela análise de solo é laboriosa, sendo a prática mais comum para recomendação de sua dose a ser aplicada a realizada por meio da produtividade a ser alcançada ou pelo diagnóstico do teor foliar de nitrogênio (SILVA, 2016). O diagnóstico é uma importante ferramenta para monitorar a situação nutricional do N na planta, levando os resultados em consideração na tomada de decisão de quanto e quando aplicar o nitrogênio (GODOY et al, 2006). No entanto, a técnica de análise de nitrogênio em tecido vegetal em laboratório é destrutiva.

A importância da escolha de uma técnica para determinar o teor foliar de nitrogênio é a possibilidade de verificar a falta ou o excesso desse nutriente na planta (RAMBO et al., 2004). O uso do medidor portátil para medir o índice relativo de clorofila é uma alternativa para se conhecer a situação do nitrogênio nas plantas. Esse método gera medidas indiretas, instantâneas e não destrutivas, os resultados gerados pelo equipamento se correlacionam positivamente com a clorofila e possivelmente com o teor de nitrogênio foliar (COELHO et al., 2011; MAIA et al., 2012).

Além do uso de fertilizantes nitrogenados minerais, também pode ser feito o uso do efluente de esgoto tratado como fertilizante para a cultura do milho. Essa prática pode trazer benefícios positivos, como disponibilizar nutrientes presentes na água de reúso à cultura; reduzir ao mesmo tempo o uso da água; aumentar a produção agrícola; e trazer benefícios ambientais (USEPA, 2012).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo obter uma curva de calibração do clorofilômetro para mensurar o teor foliar de nitrogênio na cultura do milho fertirrigada com efluente de esgoto tratado pela fossa séptica biodigestora.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Local de estudo e delineamento experimental**

O experimento foi realizado na área experimental do Laboratório de Referência Nacional em Agricultura de Precisão (LANAPRE), pertencente à Embrapa Instrumentação, em São Carlos, SP. A área encontra-se a 860 m de altitude e nas coordenadas geográficas de 21°57'13.9" S e 47°51'10.9" O. A cultivar de milho P4285VYHR foi semeada em 4 de outubro de 2018, em espaçamento entre fileiras de 0,8 m e entre plantas de 0,2 m, em um solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (SARTORELLI et al., 2007). A irrigação foi realizada por meio de sulcos entre as fileiras de plantas, e o manejo foi realizado com base na evapotranspiração da cultura. A colheita foi realizada em 4 de fevereiro do 2019, com 120 dias de ciclo. Os tratamentos utilizados foram: 1- NPK, plantas adubadas com fertilizante mineral via solo (ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio); 2- EfPK, plantas adubadas com efluente de esgoto tratado por fossa séptica biodigestora aplicado no sulco de irrigação (fonte de nitrogênio) e PK mineral via solo (superfosfato simples e cloreto de potássio); 3- Ef, plantas adubadas somente com efluente de esgoto tratado aplicado no sulco de irrigação; e 4- PK, plantas adubadas com PK mineral via solo (superfosfato simples e cloreto de potássio). Cada parcela experimental possuiu uma área de 43,2 m<sup>2</sup>, sendo 9,0 m de comprimento e 4,8 m de largura. O delineamento do experimento foi do tipo blocos casualizados, com quatro tratamentos e três repetições. O volume de Ef e a dose de fertilizantes minerais nas parcelas foi calculado em função da necessidade de N, P e K da cultura, segundo recomendação agrônômica (RAIJ et al., 1997).

### **2.2. Índice relativo de clorofila**

O índice relativo de clorofila foi determinado com o uso do equipamento portátil ClorofiLOG modelo CFL 1030 (Falker, Porto Alegre, Brasil) em 30 de novembro de 2018 (estádio V11; em 18 de dezembro de 2018 (estádio R2); e em 10 de janeiro de 2019 (estádio R3). Foram analisadas 16 plantas por parcela, sendo feita uma medida por planta na folha adjunta à espiga. As análises geraram valores de índice relativo de clorofila total (IRCT).

### **2.3. Curva de calibração do equipamento**

Para obter a curva de calibração do clorofilômetro para determinação do teor foliar de nitrogênio, foram realizadas medidas do índice relativo de clorofila total quando a cultura alcançou

100% de pendoamento nas parcelas (estádio R1). Foram utilizadas 30 plantas por parcela, com 3 medidas em uma folha. Todas as folhas medidas em cada parcela foram coletadas, armazenadas em sacos de papel, secas em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 horas, trituradas por um moinho, e analisadas para a determinação do teor de nitrogênio na matéria seca no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais da FCA UNESP, campus de Botucatu. Os valores médios do índice relativo de clorofila e do teor de nitrogênio na folha por parcela, em um total de 12 pontos, foram utilizados para a determinação da curva de calibração. Os teores de nitrogênio a partir do IRCT foram calculados pela equação gerada na calibração do equipamento.

### 3. Resultados e Discussão

Na tabela 1, observa-se a análise de variância para o índice relativo de clorofila total em três datas de avaliação. Houve diferença significativa a 1% entre os tratamentos nas três avaliações.

Tabela 1. Análise de variância para o índice relativo total (IRCT) em três datas de avaliação.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios		
		30/11/2018 estádio V11	18/12/2018 estádio R2	10/01/2019 estádio R3
Tratamento	3	263,56**	344,55**	307,52**
Bloco	2	10,08 <sup>ns</sup>	1,95 <sup>ns</sup>	1,71 <sup>ns</sup>
Erro	6	1,23	1,68	1,62
C.V. (%)		2,47	2,83	3,00
Média geral		44,91	45,83	42,43

\*\* e ns: significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F

Os maiores valores de índice relativo de clorofila total nas três avaliações foram do tratamento NPK (Tabela 2). Apesar de utilizar a mesma dose de nitrogênio, os tratamentos EfPK e Ef não apresentaram os mesmos valores do NPK.

Tabela 2. Valores médios do índice relativo de clorofila total (IRCT) nos tratamentos NPK, EfPK, Ef e PK, em três datas de avaliação. Fontes de N, P e K minerais: ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Fonte do efluente de esgoto tratado (Ef): fossa séptica biodigestora.

Tratamentos	30/11/2018 estádio V11	18/12/2018 estádio R2	10/01/2019 estádio R3
NPK	54,01 a	57,63 a	54,94 a
EfPK	47,87 b	48,35 b	44,43 b
Ef	45,91 b	45,59 b	39,74 b
PK	31,84 c	31,73 c	30,61 c

Valores nas colunas seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

A determinação do teor de clorofila na folha, em condição de campo e utilizando-se equipamentos portáteis, pode ser correlacionada com o teor foliar de nitrogênio, pois há uma alta relação entre ambos (KUNESKI, 2017). Isso pode ser comprovado pela Figura 1, onde o índice relativo de clorofila total (IRCT), fornecido pelo equipamento ClorofiLOG tem relação positiva e significativa a 1% com os teores de nitrogênio foliar. Resultados semelhantes foram encontrados por Vargas et al. (2012), que conseguiram altas correlações entre o IRCT e o teor de nitrogênio nas folhas em diferentes estádios do milho. Souza et al. (2015) também encontraram altas correlações entre o IRCT e o nitrogênio foliar principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho.

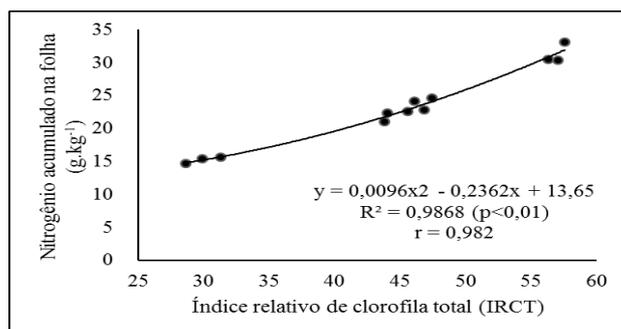


Figura 1. Teor foliar de nitrogênio em função do índice relativo de clorofila.

A Tabela 3 apresenta os teores foliares de nitrogênio determinados pela equação de calibração do clorofilômetro a partir do índice relativo de clorofila total nos estádios V11, R2 e R3. Houve diferença significativa a 1% entre tratamentos para teor de nitrogênio foliar em todos os estádios. Não houve diferença significativa entre blocos.

Tabela 3. Análise de variância para teor de nitrogênio foliar em três datas de avaliação determinado pela equação da curva de calibração do clorofilômetro.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado médio		
		30/11/2018 estádio V11	18/12/2018 estádio R2	10/01/2019 estádio R3
Tratamento	3	83,85**	130,89**	107,99**
Bloco	2	2,98 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>
Erro	6	0,36	0,40	0,58
C.V. (%)		2,63	2,67	3,53
Média geral		22,97	23,82	21,66

\*\* e ns: significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F

Os maiores valores de teor foliar de nitrogênio para os três estádios foram no tratamento NPK (Tabela 4). Os tratamentos EfPK e Ef não se diferiram, e o menor valor foi no tratamento PK. Das avaliações realizadas o maior acúmulo de nitrogênio na folha foi observado no estádio R2 para os tratamentos NPK e EfPK, indicando que o milho continuou acumulando nitrogênio após o início da fase reprodutiva. Nos tratamentos Ef e PK o máximo acúmulo de N ocorreu no estádio V11, e a partir do estádio R2 houve uma queda do teor desse nutriente devido a translocação para o grão. Nos tratamentos NPK e EfPK essa queda só foi observada a partir do estádio R3.

Tabela 4. Valores médios do teor foliar de nitrogênio nos tratamentos NPK, EfPK, Ef e PK, em três datas de avaliação. Fontes de N, P e K minerais: ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Fonte do efluente de esgoto tratado (Ef): fossa séptica biodigestora.

Tratamentos	31/11/2018 (V11)	18/12/2018 (R2)	31/10/2018 (R3)
NPK	28,61 a	31,93 a	29,66 a
EPK	24,35 b	24,67 b	22,12 b
EF	23,04 b	22,84 b	19,43 b
PK	15,89 c	15,85 c	15,43 c

Valores nas colunas seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

#### 4. Conclusões

A correlação significativa existente entre o índice relativo de clorofila total e o teor foliar de N possibilita o uso do clorofilômetro para o monitoramento desse nutriente durante o ciclo da cultura do milho.

Os teores de nitrogênio nas folhas do milho foram maiores no tratamento NPK, seguido

pelos tratamentos com o uso do efluente de esgoto tratado (EfPK e Ef), sem que houvesse diferença entre ambos.

### **Agradecimentos**

À Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (FCA UNESP) campus de Botucatu, pelo ensino em nível de pós-graduação; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico (CNPq) pela concessão de bolsas de estudo aos três primeiros autores; e à Embrapa Instrumentação pela infraestrutura para o desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

### **Referências**

- COELHO, F. S. et al. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura na batateira. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 29, n 2, p.4017- 4025, 2011.
- FIESP. Safra Mundial de Milho 2018/19 - 8º Levantamento do USDA. 2019. Disponível em:< <https://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=246427>>. Acessado em 22 de agosto de 2019.
- GODOY, L. J. G. et al. Intensidade da cor verde e concentração de nitrogênio na lâmina foliar da grama Santo Agostinho como indicativos do estado nutricional em nitrogênio. In: *SIGRA*, 3, Anais, Botucatu, SP: UNESP/FCA, 2006.
- KUNESKI, H. F. Época de semeadura e resposta do milho ao parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura em diferentes estádios fenológicos. 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2017.
- MAIA, S. C. M. et al. Estimativa da necessidade de nitrogênio em cobertura no feijoeiro IAC Alvorada com clorofilômetro portátil. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2229-2238, 2013.
- OKUMURA, R. S. et al. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia* v.4, n.2, p. 226-235, 2011.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997.
- RAMBO, L. et al. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1637- 1645, 2004.
- SARTORELLI, P. A. R.; SILVA, J. M. S.; GORENSTEIN, M. R.; GOMES, J. E.; ÁVILA, E. Q. Rebrotas após fogo de espécies arbóreas de diferentes grupos fenológicos foliares em cerrado stricto sensu. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, n. 10, p.1-13, 2007.
- SILVA, T. A. Monitoramento do nitrogênio foliar em áreas comerciais de cacauzeiros clonais utilizando clorofilômetro e imagem digital. 2016. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2016.
- SOUZA, R. et al. Leituras de clorofila e teores de n em fases fenológicas do milho. *Colloquium Agrariae*, v. 11, n. 1, p .57-63, 2015.
- USEPA. Unites States Environmental Protection Agency. Guidelines for Water Reuse. EPA/600/R-12/618 Washington, DC, USA. 640p. 2012.
- VARGAS, V. P. et al. Os atributos nas folhas são mais eficientes que o N mineral no solo para avaliar a disponibilidade desse nutriente para o milho. *Bragantia*, Campinas, v. 71, n. 2, p.245-255, 2012.