

Artículo original

## **Diagnóstico integrado y rangos de nutrientes en el suelo para el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la región de Cerrado**

Fábio Luiz-Partelli<sup>1\*</sup>

Wilson Mozena-Leandro<sup>2</sup>

André Cayô-Cavalcanti<sup>1</sup>

Henrique Duarte-Vieira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo. Rod. BR 101 Norte, km 60, Bairro Litorâneo. CEP 29932-540 São Mateus (ES), Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia. Caixa Postal 131. CEP 74001-970 Goiânia (GO), Brasil

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Av. Alberto Lamego, 2000. CEP 28013-602 Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil

\* Autor para correspondencia. [partelli@yahoo.com.br](mailto:partelli@yahoo.com.br)

### **RESUMEN**

El Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), a pesar de ser de uso común en la interpretación de los análisis foliares, ha sido poco utilizado en el análisis químico del suelo. Las recomendaciones de correctivos y fertilizantes para la región del Cerrado, fueron desarrolladas para el sistema de cultivo convencional, bajo estudios de calibración, sin incluir los avances tecnológicos actuales. En este sentido, se propuso como objetivo establecer el diagnóstico integrado y rangos de nutrientes en suelos bajo cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en esta región. Las muestras de suelo se recogieron en la profundidad de 0-20 cm, evaluando las cantidades de materia orgánica, Ca, Mg, K, P, S, Zn, Cu, Fe, Mn, saturación de bases y la capacidad de intercambio de cationes. Se logró establecer normas DRIS y rangos de suficiencia del suelo, a partir de cultivos con una productividad igual y superior a 2700 kg ha<sup>-1</sup> de frijol común, que son aplicables en la recomendación de fertilizantes de este cultivo en la región. La mayoría de los parámetros establecidos presentan discrepancias, en relación al referencial teórico existente actualmente para la región. Los resultados mostraron que en lugar de su universalidad es importante

el desarrollo de normas regionales y específicos en siembra directa para la aplicación de las normas DRIS y rangos de suficiencia en el suelo, en cultivos de alta productividad.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris*, análisis químico

Recibido: 18/04/2018

Aceptado: 24/04/2019

## INTRODUCCIÓN

A partir de la década de los 80 del siglo XX, se produjo un importante cambio tecnológico en el cultivo de frijol, con la implementación y expansión de las áreas de riego en varios estados brasileños, especialmente en la región Medio Oeste, debido a que es un cultivo de ciclo corto y de gran expectativa de retorno económico que, a menudo, se cultiva como cultivo de invierno. En la región de Goiás se siembra tradicionalmente de mayo a julio, sustituido por los cultivos de maíz dulce y de tomate en la composición de la cosecha anual <sup>(1)</sup>.

La correcta interpretación de los análisis químicos del suelo es importante para indicar las fuentes, las cantidades y el momento más adecuado para la aplicación de correctivos y fertilizantes por parte del productor. Calibrar un método en el análisis del suelo es relacionar el contenido del elemento en el suelo, con las características de la planta (tasas de crecimiento, rendimiento y contenido de nutrientes en los cultivos) cultivadas en el campo <sup>(1)</sup>.

Según investigaciones <sup>(1-3)</sup>, los rangos de suficiencia es el método más utilizado para la interpretación de análisis del suelo y foliares, puesto que considera un rango de concentración por debajo del cual la tasa de crecimiento, o producción disminuye. De acuerdo con este autor <sup>(3)</sup>, el balance de nutrientes, concepto defendido en el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) para el análisis foliar, también se puede utilizar para el suelo, lo que aumenta las opciones de interpretación de los análisis químicos del suelo. Estas técnicas, aunque comúnmente utilizadas, para la interpretación de análisis de las hojas, se ha utilizado en el análisis del suelo en café (*Coffea canephora*) <sup>(3)</sup>, plátano (*Musa spp*) <sup>(4)</sup>, naranja (*Citrus sinensis*) <sup>(5,6)</sup>, algodón (*Gossypium hirsutum*) <sup>(7)</sup> y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) <sup>(8)</sup>.

El DRIS busca evaluar el estado nutricional de la planta, con la evaluación de nutrientes de dos en dos, como forma adecuada de expresar los eventos fisiológicos y metabólicos que tienen lugar durante todo el ciclo, trabajando junto con los factores externos, reflejando en los nutrientes foliares.

Las recomendaciones para el estado de Goiás de correctivos y de fertilizantes para el sistema de cultivo convencional son basadas en estudios de calibración anticuados (1960–1980); sin embargo, se han introducido en los últimos años, cambios significativos en los sistemas de producción, destacando especialmente la migración de muchas de las áreas de granos como la soya (*Glycine max*), maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) para el sistema de siembra directa y se ponen en marcha numerosas variedades más productivas <sup>(2)</sup>.

Los estudios también indican que las normas deben ser regionales, incluyendo estándares para suelo, pues las condiciones climáticas, de fertilidad, así como el nivel tecnológico son distintos en Brasil y en el mundo. Este escenario supone la necesidad de nuevos puntos de referencia regionales, que incluyen los avances tecnológicos experimentados en el período. En este sentido, se propuso como objetivo establecer el diagnóstico integrado y rangos de nutrientes en suelos bajo cultivo de frijol (*P. vulgaris*) en la región de Cerrado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en campos comerciales, en una micro región del estado de Goiás llamada “Vale do Rio dos Bois”. Esa región comprende nueve distritos, a saber: Palmeiras de Goiás, Turvâni, Campestre de Goiás, Cezarina, Edéia, Indiara, Paraúna, Palminópolis y Jandaia. La región tiene dos estaciones bien definidas, una con escasez de lluvia y bajas temperaturas y otra caliente y húmeda, con precipitación anual media de 1250 mm. De acuerdo con la clasificación de Köppen el clima es del tipo tropical, con una estación seca en el invierno (Aw). El suelo predominante es clasificado como Amarelo Distrófico (Ferralsol–Word Reference Base For Soil) <sup>(9)</sup>, con fertilidad media y pH ácido alrededor de 5,0. Los relieves planos predominan en la superficie, con buenas condiciones de drenaje, favoreciendo el uso de mecanización, permitiendo el cultivo en grandes áreas <sup>(10)</sup>.

El tipo de riego empleado fue de pivote central, representativo de la región en estudio. En todas las áreas evaluadas la variedad plantada fue la perola, del grupo de los frijoles bayos y en sistema de siembra directa, con aplicación de herbicidas en áreas anteriormente infestadas con plantas invasoras, constituidas en su mayoría por *Urochloa brizantha*. La separación empleada varió desde 0,45 hasta 0,5 m, con densidades de siembra que van desde 12 a 15 semillas por metro lineal, con obtención de poblaciones entre 240 y 333 mil plantas por hectárea.

Para la generación de los intervalos óptimos de nutrientes y normas DRIS para el suelo fueron monitoreados 28 campos comerciales de frijol en cosecha del año 2010 y se llevaron a cabo análisis de suelos e identificación de la productividad, siendo seleccionados 20 campos de alta

productividad igual o superior a 2700 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 1). La siembra se realizó desde junio hasta principios de agosto de 2010 y las evaluaciones se llevaron a cabo en el período comprendido entre agosto y septiembre de ese año.

**Tabla 1.** Localización y características de las áreas estudiadas. Goiás, 2010

Ciudad	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	Altura (m s.n.m)	Área (ha)	Clase Textural	Producción (kg ha <sup>-1</sup> )
Cezarina 1*	16°56'45``	49°45'56``	594	53	Arcillosa	2,680
Cezarina 2	16°59'12``	49°44'13``	577	54	Arcillosa	2,930
Cezarina 3*	16°56'33``	49°48'20``	613	63	Arcillosa	2,480
Campestre 1*	16°42'44``	49°38'22``	682	45	Arcillosa	2,670
Campestre 2*	16°59'12``	49°44'13``	577	54	Arcillosa	2,430
Edéia 1	17°27'08``	49°44'24``	614	68	Arcillosa	2,700
Edéia 2	17°27'08``	49°44'24``	614	68	Arcillosa	2,700
Edéia 3*	17°24'52``	49°47'20``	589	57	Arcillo Arenoso	2,590
Indiara 1	17°07'33``	50°00'58``	551	35	Arcillosa	2,800
Indiara 2	17°06'03``	49°59'46``	565	53	Arcillosa	2,750
Palmeiras 1	16°50'16``	49°57'14``	590	83	Arcillosa	2,790
Palmeiras 2	16°54'29``	50°02'50``	568	49	Arcillo Arenoso	3,005
Palmeiras 3*	16°48'58``	49°58'54``	603	78,5	Arcillosa	2,800
Palmeiras 4	16°42'34``	50°04'25``	674	48	Argilosa	2,900
Palmeiras 5	16°46'03``	49°54'14``	666	50	Arcillo Arenoso	2,870
Palmeiras 6	16°50'55``	49°50'49``	645	82	Arcillosa	2,760
Palmeiras 7	16°46'20``	49°54'51``	689	95	Arcillosa	2,890
Palmeiras 8	16°50'33``	49°51'19``	638	49	Arcillosa	2,900
Palmeiras 9	16°41'59``	49°57'23``	651	64	Arcillosa	3,120
Palmeiras 10*	16°53'54``	49°51'00``	656	35	Arcillosa	2,660
Palmeiras 11*	16°52'02``	49°57'54``	589	117	Arcillosa	2,490
Palmeiras 12*	16°50'33``	49°51'19``	638	49	Arcillosa	2,390
Palmeiras 13*	16°54'20``	50°02'29``	548	50	Arcillosa	2,500
Paraúna 1	16°59'10``	50°21'41``	594	78	Arcillosa	2,760
Paraúna 2	17°16'40``	50°22'25``	629	79	Arcillosa	2,725
Paraúna 3	17°06'21``	50°23'18``	618	50	Arcillosa	2,700
Paraúna 4	17°48'28``	50°24'29``	670	34	Arcillosa	2,780
Paraúna 5	16°59'22``	50°23'33``	622	95	Arcillosa	2,700

\*Áreas desechadas de las normas debido a una producción inferior a 2700 kg ha<sup>-1</sup> y por no presentar distribución normal

Estos campos fueron divididos en cuatro cuadrantes, para la evaluación del rendimiento se asumió como repetición cada uno de los cuatro cuadrantes ocupados por el sistema de riego y con estas repeticiones se verificó la normalidad de los datos. Se tomaron 80 muestras sencillas en cada pivote (por cuadrante 20) a una profundidad de 0-20 cm para formar una muestra compuesta, siendo

enviado para su análisis al laboratorio Solocria, situado en la ciudad de Goiânia en el estado de Goiás. En la composición de cada muestra individual tres sub-muestras fueron tomadas, una en la hilera de las siembras y las otras entre las hileras, según recomendaciones realizadas en otros estudios <sup>(11)</sup>.

El muestreo de los suelos se llevó a cabo en el período que el frijol se encontraba en la etapa de desarrollo caracterizada como R5 (inicio de la floración). Las muestras se colocaron en bolsas de plástico y se enviaron al laboratorio. Se determinarían macro y micronutrientes, capacidad de intercambio de cationes (CIC), saturación de bases (V) y el contenido de materia orgánica de acuerdo con la metodología descrita <sup>(12)</sup>.

Se montó un banco de datos, con la concentración de los nutrientes en el suelo, separando cultivos de alta productividad (igual o superior a 2,700 kg ha<sup>-1</sup> de frijol). Se optó por ese valor por ser considerado alto para esa región del Estado de Goiás, pudiendo ser utilizado como referencia de alta productividad y nivel tecnológico. Se aplicó la prueba de Lilliefors, al nivel del 1 % de probabilidad, para verificar la normalidad de los valores referentes a los contenidos de cada nutriente del grupo de cultivos de alta productividad <sup>(2)</sup>.

Los suelos de cultivo, que presentaron una productividad igual o superior a 2,700 kg ha<sup>-1</sup> y cuyas concentraciones de nutrientes presentaron distribución normal, se utilizaron para establecer las normas DRIS de suelo (media, desviación estándar y coeficiente de variación) y las bandas (promedio más o menos desviación estándar). Después de este procedimiento se calcularon separadamente las relaciones de los nutrientes, siendo seleccionados 20 cultivos para obtener las normas después de la prueba de normalidad.

Se realizaron comparaciones entre las reglas básicas establecidas con los frijoles de otras regiones. También se hizo el diagnóstico nutricional de los cultivos utilizados en las normas para otros niveles descritos en la literatura.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las relaciones entre dos nutrientes del suelo (Tabla 2), la desviación y el coeficiente de variación media dan credibilidad al diagnóstico de la fertilidad del suelo por el DRIS en cultivos de frijol en el área de estudio.

**Tabla 2.** Relación media de nutrientes (Media), desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV) de los cultivos de frijol de invierno con alto rendimiento en la micro región del valle del río Bois-Goiaés

Relación	Media	DE	CV(%)	Relacion	Media	DE	CV(%)
MO/P	2,356	1,172	49,73	Cu/MO	0,099	0,067	67,28
MO/K	0,202	0,069	34,05	Cu/P	0,181	0,049	26,85
MO/Ca	10,68	3,557	33,29	Cu/K	0,017	0,006	34,41
MO/Mg	38,21	15,26	39,95	Cu/Ca	0,899	0,315	35,08
MO/S	1,840	0,752	40,86	Cu/Mg	3,375	1,643	48,68
MO/B	177,12	67,91	38,34	Cu/S	0,165	0,086	52,46
MO/Cu	13,47	6,335	47,01	Cu/B	15,05	6,040	40,12
MO/Fe	0,872	0,288	33,07	Cu/Fe	0,075	0,029	38,15
MO/Mn	1,586	0,726	45,76	Cu/Mn	0,140	0,066	47,37
MO/Zn	7,582	5,911	77,96	Cu/Zn	0,537	0,164	30,56
MO/V	0,434	0,118	27,21	Cu/V	0,037	0,013	35,97
MO/CIC	4,274	1,263	29,56	Cu/T	0,368	0,141	38,45
P/MO	0,560	0,374	66,73	Fe/MO	1,301	0,537	41,28
P/K	0,097	0,029	29,85	Fe/P	2,888	1,932	66,91
P/Ca	5,142	1,661	32,31	Fe/K	0,233	0,036	15,59
P/Mg	19,10	8,294	43,42	Fe/Ca	12,91	4,953	38,37
P/S	0,912	0,423	46,43	Fe/Mg	44,77	13,13	29,32
P/B	86,17	32,73	37,99	Fe/S	2,305	1,211	52,55
P/Cu	5,881	1,424	24,21	Fe/B	206,7	55,79	27,00
P/Fe	0,430	0,146	34,03	Fe/Cu	15,91	7,772	48,86
P/Mn	0,803	0,364	45,36	Fe/Mn	1,821	0,498	27,33
P/Zn	3,145	1,533	48,72	Fe/Zn	9,151	7,670	83,81
P/V	0,211	0,066	31,06	Fe/V	0,523	0,152	29,00
P/CIC	2,090	0,704	33,70	Fe/T	5,074	1,290	25,42
K/MO	5,724	2,654	46,37	Mn/MO	0,782	0,372	47,59
K/P	11,96	6,172	51,63	Mn/P	1,841	1,465	79,60
K/Ca	54,61	13,87	25,39	Mn/K	0,143	0,068	47,15
K/Mg	192,3	48,87	25,41	Mn/Ca	7,760	3,808	49,07
K/S	9,866	4,434	44,94	Mn/Mg	24,79	4,110	16,58
K/B	896,2	240,8	26,87	Mn/S	1,423	0,892	62,70
K/Cu	66,52	23,87	35,88	Mn/B	120,4	40,015	33,25
K/Fe	4,392	0,708	16,11	Mn/Cu	10,26	7,552	73,58
K/Mn	7,945	2,328	29,30	Mn/Fe	0,619	0,286	46,25
K/Zn	37,11	24,34	65,57	Mn/Zn	6,139	6,121	99,71
K/V	2,229	0,402	18,06	Mn/V	0,312	0,124	39,69
K/CIC	21,74	3,724	17,13	Mn/T	2,979	0,959	32,20
Ca/MO	0,106	0,043	40,56	Zn/MO	0,198	0,131	65,95
Ca/P	0,222	0,101	45,62	Zn/P	0,356	0,097	27,11
Ca/K	0,019	0,004	20,96	Zn/K	0,034	0,013	37,03
Ca/Mg	3,642	1,038	28,49	Zn/Ca	1,788	0,644	36,00
Ca/S	0,186	0,087	46,77	Zn/Mg	6,918	3,373	48,76

Ca/B	17,14	5,354	31,24	Zn/S	0,322	0,170	52,86
Ca/Cu	1,247	0,440	35,31	Zn/B	31,36	15,53	49,53
Ca/Fe	0,085	0,022	25,37	Zn/Cu	2,025	0,603	29,76
Ca/Mn	0,152	0,053	34,73	Zn/Fe	0,153	0,065	42,10
Ca/Zn	0,674	0,364	53,92	Zn/Mn	0,292	0,150	51,26
Ca/V	0,042	0,006	13,79	Zn/V	0,074	0,027	36,59
Ca/CIC	0,408	0,064	15,79	Zn/T	0,743	0,305	40,98
Mg/MO	0,032	0,016	48,96	V/MO	2,525	0,905	35,84
Mg/P	0,071	0,048	67,74	V/P	5,339	2,188	40,97
Mg/K	0,006	0,002	42,01	V/K	0,462	0,079	17,20
Mg/Ca	0,309	0,134	43,38	V/Ca	24,46	3,542	14,48
Mg/S	0,056	0,029	52,20	V/Mg	87,36	23,80	27,24
Mg/B	4,872	1,326	27,23	V/S	4,372	1,612	36,87
Mg/Cu	0,406	0,278	68,38	V/B	407,6	108,2	26,55
Mg/Fe	0,025	0,011	43,83	V/Cu	30,32	10,72	35,36
Mg/Mn	0,041	0,007	16,01	V/Fe	2,030	0,439	21,63
Mg/Zn	0,235	0,211	89,85	V/Mn	3,638	1,205	33,14
Mg/V	0,012	0,004	33,96	V/Zn	16,52	9,385	56,83
Mg/CIC	0,119	0,030	24,85	V/T	9,825	1,204	12,25
S/MO	0,624	0,228	36,48	T/MO	0,262	0,106	40,57
S/P	1,351	0,665	49,19	T/P	0,558	0,263	47,20
S/K	0,121	0,051	42,63	T/K	0,047	0,009	19,25
S/Ca	6,418	2,693	41,95	T/Ca	2,525	0,522	20,68
S/Mg	23,37	13,00	55,63	T/Mg	8,806	1,881	21,36
S/B	106,9	57,63	53,90	T/S	0,451	0,168	37,37
S/Cu	7,968	4,447	55,82	T/B	41,416	9,222	22,27
S/Fe	0,525	0,222	42,32	T/Cu	3,158	1,304	41,28
S/Mn	0,987	0,623	63,11	T/Fe	0,208	0,046	22,26
S/Zn	4,143	2,446	59,05	T/Mn	0,366	0,103	28,13
S/V	0,258	0,091	35,29	T/Zn	1,755	1,123	63,99
S/CIC	2,541	1,016	39,97	T/V	0,103	0,013	12,37
B/MO	0,0067	0,0031	47,21				
B/P	0,0142	0,0077	54,33				
B/K	0,0012	0,0003	27,08				
B/Ca	0,0650	0,0232	35,74				
B/Mg	0,2205	0,0614	27,83				
B/S	0,0114	0,0046	40,12				
B/Cu	0,0799	0,0390	48,84				
B/Fe	0,0052	0,0015	28,53				
B/Mn	0,0090	0,0025	27,32				
B/Zn	0,0458	0,0338	73,86				
B/V	0,0026	0,0007	26,07				
B/CIC	0,0254	0,0058	22,88				

V% = saturación de bases; MO = Materia Orgánica; CIC = capacidad de intercambio catiónico a pH 7

Los rangos establecidos para el suelo (Tabla 3) se pueden utilizar para hacer el diagnóstico de fertilidad en cultivos de frijol en la región del valle del río Bois, Estado de Goiás, tal como fueron establecidos con base a cultivos representativos de la región con alta productividad.

**Tabla 3.** Concentración media de nutrientes de suelo, desviación estándar (SD), rango de suficiencia (FS) y el coeficiente de variación (CV) de los cultivos de frijol de la cosecha de invierno con alto rendimiento en la micro región del valle del río Bois-Goiás

Nutrientes	Concentración	SD	Rango de Suficiencia	CV (%)
Materia Orgánica (g/dm <sup>3</sup> )	25,20	6,56	18,64 – 31,76	26,02
P (mg dm <sup>-3</sup> )	12,36	3,85	8,51 - 16,21	31,17
K (mg dm <sup>-3</sup> )	129,05	18,24	110,81 - 147,29	14,13
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	2,44	0,39	2,05 - 2,82	16,00
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	0,73	0,26	0,47 - 0,99	35,86
S (mg dm <sup>-3</sup> )	14,98	5,22	9,76 - 20,2	34,87
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,15	0,04	0,11 - 0,19	25,13
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	2,18	0,80	1,38 - 2,97	36,75
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	29,98	6,27	23,71 - 36,25	20,91
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	18,11	7,05	11,06 - 25,15	38,94
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	4,37	1,68	2,68 - 6,05	38,55
Sat. Bases (%)	58,36	4,28	54,08 - 62,64	7,34
CIC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	6,01	0,71	5,29 - 6,72	11,87

V% = saturación de bases; MO = Materia Orgánica; CIC = capacidad de intercambio catiónico a pH 7

Las clases de interpretación de las propiedades químicas del suelo, de acuerdo con la clasificación propuesta <sup>(13,14)</sup>, son presentadas en la Tabla 4.



**Tabla 4.** Clases de interpretación de las propiedades químicas del suelo de acuerdo con la clasificación propuesta

Variable	Clases de Interpretación				
	Muy Baja	Baja	Moderada	Adecuada	Alta
MO (g dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	-	<24,0	24,0-30,0	31,0-45,0	>45,0
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	0,0-3,0	3,1-5,0	5,1-8,0	8,1-12,0	>12,0
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>2</sup>	0,0-3,0	3,1-6,0	6,1-8,0	-	>8,0
K (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	-	<26,0	26,0-50,0	51,0-80,0	>80,0
K (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>2</sup>	-	<25,0	25,0-50,0	-	>50,0
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	-	<1,5	1,5-7,0	-	>7,0
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>2</sup>	-	<2,0	2,0-5,0	-	>5,0
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	-	<0,5	0,5-2,0	-	>2,0
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>2</sup>	-	<0,4	0,4-1,2	-	>1,2
S (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	-	<4,0	4,0-9,0	-	>10,0
B (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	-	<0,2	0,2-0,5	-	>0,5
Cu (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	-	<0,4	0,4-0,8	-	>0,8
Fe (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	-	<0,5	0,5-12,0	-	>12,0
Mn (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	-	<2,0	2,0-5,0	-	>5,0
Zn (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	-	<1,0	1,0-1,6	-	>1,6
V % <sup>1</sup>	-	<20,0	20,0-35,0	36,0-60,0	>60,0
CIC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	-	<7,2	7,2-9,0	9,1-13	>13,0

<sup>1</sup>(13) y <sup>2</sup>(14); V% = saturación de bases; MO = Materia Orgánica; CIC = capacidad de intercambio catiónico a pH 7

La concentración media de la materia orgánica (Tabla 3) se clasificó como moderada, basado en el presente trabajo y por otros estudios realizados <sup>(13,14)</sup> (Tabla 4). En la mayoría de las zonas cultivadas en el suelo se esperaba que los valores de esta variable, en realidad presentasen mayor valor, ya que el suelo favorece la acumulación de la materia orgánica (MO) <sup>(15-17)</sup>. Incluso valores medios de MO, en las áreas consideradas mostraron una alta productividad, alcanzando hasta 3,120 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 1). Otros autores afirman que es más importante la estabilidad de la MO en el suelo que su cantidad en sí <sup>(10)</sup>. Lo que puede estar relacionado con especies cultivadas en rotación y la alta disponibilidad de agua bajo el pivote.

El contenido de 12,36 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo (P) se clasifica como alto <sup>(13,14)</sup> (Tabla 4). Una de las principales diferencias entre el sistema convencional del sistema de cultivo y de siembra directa es que el último provoca la concentración superficial y subsuperficial de P, K, MO y otros nutrientes, como resultado de la fertilización, ciclo de los nutrientes, menor movilización de estos nutrientes en el suelo y la reducción de las pérdidas por erosión. Así, la metodología utilizada para la retirada de las muestras detectaría un mayor valor en el resultado del análisis del suelo de estos nutrientes <sup>(16)</sup>.

En los últimos años ha habido un incremento en el uso de los fosfatos naturales como fertilizantes, especialmente en suelos cultivados en el sistema de siembra directa. El método Mehlich, utilizado por la mayoría de los laboratorios de análisis de suelo, consiste en solución diluida de ácidos concentrados, cuya reacción con el fosfato natural es intensa, también podría sobreestimar la cantidad de P disponible <sup>(11)</sup>.

La calibración de extrayentes para la evaluación de fósforo en el suelo, muestra que este debe clasificarse en categoría inferiores a las necesidades reales de las plantas <sup>(17)</sup>. Métodos interactivos de análisis nutricional que implican la evaluación de la fertilidad del suelo y DRIS podrían ayudar en este caso, ya que tiene una gran capacidad para diagnosticar desequilibrios sutiles de nutrientes. La calibración de otros extrayentes también se debe considerar, especialmente si tienen altos coeficientes de correlación entre los niveles disponibles en el suelo, concentración foliar y la productividad.

La concentración de potasio (K) se clasifica como alta <sup>(13,14)</sup> (Tabla 3). En este caso, puede haber ocurrido una concentración superficial del elemento. Para K, vale la pena mencionar la importancia en el ciclo del retorno y mantenimiento de este nutriente en el suelo. La exportación de este nutriente es alrededor de 2 % de la producción. Teniendo en cuenta la producción media de la región en estudio, el valor de exportación de K<sub>2</sub>O alcanza los 50 kg ha<sup>-1</sup>, inferior a lo que a menudo está relacionada con el frijol, alrededor de 60 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, también hay que tener en cuenta las pérdidas por lixiviación.

La concentración de calcio (Ca) (Tabla 3) verificado en las zonas de estudio se clasifica como moderada <sup>(13,14)</sup> (Tabla 4), aunque aparece en la clase de límite inferior propuesta por los autores. En la extensión de la evaluación a otras zonas del país, hay una tendencia a clasificar los valores encontrados como moderados. Según datos para el estado de Pará valores también se clasifican como moderados (1,6 a 4,5 cmolc dm<sup>-3</sup>) <sup>(18)</sup>. Otros autores clasifican el contenido de Ca como moderado entre 2,0 a 4,0 cmolc dm<sup>-3</sup> <sup>(19)</sup>. En otra investigación, los niveles encontrados fueron clasificados como altos, aunque en el límite inferior de la clase (superior a 2,4 cmolc dm<sup>-3</sup>) <sup>(20)</sup>.

Según unos autores la concentración media de magnesio (Mg) (Tabla 3) se clasifica como moderado <sup>(13,14,18,20)</sup> (Tabla 4).

La concentración de azufre (Tabla 3) es considera alta <sup>(13,14)</sup> (Tabla 4). Incluso el azufre, que tiene un carácter móvil en el suelo, tiende a concentrarse en las capas subsuperficiales, y este hecho favorece la concentración superficial de fósforo, también se deben tener en cuenta las fertilizaciones frecuentes con yeso adoptado como práctica común por parte de los agricultores locales y con fertilizaciones con sulfato de amonio que contribuye a mantener altos niveles de este nutriente.

Con relación a los micronutrientes solamente el B (Tabla 4) se clasificó como baja <sup>(13,14)</sup>. Otros micronutrientes (Zn, Cu, Fe y Mn) se presentan en el rango considerado como adecuado a alto, según los autores.

La saturación de bases (V=58,36 %) se considera adecuada para el frijol <sup>(13)</sup>, en consonancia con altos rendimientos. Sin embargo, la capacidad de intercambio catiónico a pH 7 (T=6,01) se considera baja por los mismos autores.

Las características químicas del suelo, asociadas a la precipitación y temperaturas adecuadas, pueden proporcionar grandes productividades <sup>(2,18)</sup>, hecho encontrado en las áreas utilizadas como referencias en el presente trabajo.

Los estudios también indican que las normas deben ser regionales <sup>(2-4,10)</sup>, incluyendo estándares para suelo, pues las condiciones climáticas, de fertilidad, así como el nivel tecnológico son distintas en Brasil y en el mundo. Las diferencias registradas entre las normas de otras regiones y las diferencias en la forma de cultivo (convencional vs. siembra directa) del estado de Goiás, apoyan la afirmación de que las reglas deben ser regionales, para la forma específica de cultivo y adaptado a altos rendimientos.

Los valores de P, K, Mg, S, Cu, Mn, Fe y Zn en este estudio fueron clasificados respectivamente como adecuada o excesivo en el 100 % de los casos (Tabla 4). Sin embargo, el 85 y 100 % de B fueron considerados bajos <sup>(13,14)</sup>.

## CONCLUSIONES

- Se establecieron normas DRIS y rangos de suficiencia de los suelos cultivados bajo siembra directa con frijol de regadío en región del cerrado.
- Las normas DRIS y rangos de suficiencia son aplicables a la recomendación de fertilizantes en suelos cultivados bajo siembra directa con frijol de regadío en región del Cerrado. Además de la cantidad es importante sus interrelaciones.
- Los valores de P, K, Mg, S, Cu, Mn, Fe y Zn se clasificaron como adecuado o excesivos en 100 % de las muestras. Sin embargo, más de 85 % del contenido de las muestras de B fueron consideradas bajas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Beaufils ER, Schutte GEC. Diagnosis and recommendation integrated system: a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Pietermaritzburg: University of Natal; 1973. 132 p.
2. Partelli FL, Dias JRM, Vieira HD, Wadt PGS, Paiva Júnior E. Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos CND, DRIS e faixas de suficiência. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2014;38(3):858–66. doi:10.1590/S0100-06832014000300017
3. Cavalcanti AC, Oliveira MG de, Covre AM, Gontijo I, Braun H, Partelli FL. Primeira aproximação para solo cultivado com cafeeiro conilon na região atlântica da Bahia. *Coffee Science*. 2017;12(3):316–25.
4. Pereira NS, Ferrreira AMO, Silva JA do N, Araújo LTL de, Silva FL da. Obtenção de normas DRIS preliminares e faixas de suficiência para bananeira do subgrupo prata na região do Baixo Jaguaribe, CE, Brasil. *Revista Agro@mbiente on-Line*. 2015;9(3):347–51. doi:10.18227/1982-8470ragro.v9i3.2451
5. Camacho MA, Silveira MV da, Camargo RA, Natale W. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranja-pera. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2012;36(1):193–200. doi:10.1590/S0100-06832012000100020
6. Dias JRM, Tucci CAF, Wadt PGS, Silva AM da, Santos JZL. Níveis críticos e faixas de suficiência nutricional em laranja-pêra na Amazônia Central obtidas pelo método DRIS. *Acta Amazonica*. 2013;43(3):239–46. doi:10.1590/S0044-59672013000300001
7. Morais NR de, Correchel V, Leandro WM, Fernandes EP, Godoy SG de. Critérios de interpretação de qualidade do solo para a cultura do algodoeiro no cerrado goiano. *Bioscience Journal*. 2009;25(3):129–40.
8. Gonçalves HM. Sistema integrado de diagnose e recomendação na cultura da cana-de-açúcar orgânica em Goianésia, Goiás [Internet] [Tese de Doutorado]. [Brasil]: Universidade Federal de Goiás; 2012 [cited 2019 Jun 27]. 117 p. Available from: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3454>
9. Gonçalves dos Santos H, Paulo Klinger Tito J, dos Anjos LHC, de Oliveira VÁ, Lumbreras JF, Coelho MRizzato, et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) [Internet]. 3ª edição. Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa); 2013 [cited 2018 Oct 3]. 353 p. Available from: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1299/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos---sibcs-3-edicao>

10. Favarato LF, Souza JL de, Galvão JCC, Souza CM de, Guarçoni RC. Atributos químicos do solo sobre diferentes plantas de cobertura no sistema plantio direto orgânico. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*. 2015;5(2):19–28. doi:<http://dx.doi.org/10.21206/rbas.v5i2.312>
11. Parent S-É, Parent LE, Egozcue JJ, Rozane DE, Hernandez A, Lapointe L, et al. The Plant Ionome Revisited by the Nutrient Balance Concept. *Frontiers in Plant Science* [Internet]. 2013 [cited 2019 Jun 27];4. doi:10.3389/fpls.2013.00039
12. Teixeira PC, Donagemma GK, Fontana A, Teixeira WG. Manual de métodos de análise de solo. 3ª edição. Brasília, DF: EMBRAPA; 2017. 573 p.
13. Ribeiro AC, Gontijo Guimarães PT, Alvarez VH, editors. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais [Internet]. Vol. 5a APROXIMAÇÃO. Minas Gerais, Brasil: Viçosa, MG,; 1999 [cited 2019 Jul 4]. 359 p. Available from: [https://www.academia.edu/35345434/RECOMENDA%C3%87%C3%95ES\\_PARA\\_O\\_USO\\_DE\\_CORRETIVOS\\_E\\_FERTILIZANTES\\_EM\\_MINAS\\_GERAIS\\_5\\_a\\_APROXIMA%C3%87%C3%83O](https://www.academia.edu/35345434/RECOMENDA%C3%87%C3%95ES_PARA_O_USO_DE_CORRETIVOS_E_FERTILIZANTES_EM_MINAS_GERAIS_5_a_APROXIMA%C3%87%C3%83O)
14. Tauil Pinto D, Ferreira da Costa P, Silva NM, editors. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Goiás . Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Goiás [Internet]. Goiânia, Brasil: UFG/EMGOPA; 1988 [cited 2019 Jul 4]. 101 p. Available from: [http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/RECOMENDACOES\\_DE\\_CORRETIVOS\\_E\\_FERTILIZANTES\\_PARA\\_GOIAS.pdf](http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/RECOMENDACOES_DE_CORRETIVOS_E_FERTILIZANTES_PARA_GOIAS.pdf)
15. López Sánchez MV, Blanco-Moure N, Limón Rodríguez de Segovia MÁ, Gracia Ballarín R. No tillage in rainfed Aragon (NE Spain): Effect on organic carbon in the soil surface horizon. *Soil & Tillage Research*. 2012;118(29):61–5. doi:10.1016/j.still.2011.10.012
16. Rosolem CA, Merlin A, Bull JCL. Soil phosphorus dynamics as affected by Congo grass and P fertilizer. *Scientia Agricola*. 2014;71(4):309–15. doi:10.1590/0103-9016-2013-0345
17. Fink JR, Inda AV, Bayer C, Torrent J, Barrón V. Mineralogy and phosphorus adsorption in soils of south and central-west Brazil under conventional and no-tillage systems. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2014;36(3):379–87. doi:10.4025/actasciagron.v36i3.17937
18. Silva MCCD, Andreotti M, Costa NR, Lima CGDR, Pariz CM, Silva MCCD, et al. Soil physical attributes and yield of winter common bean crop under a no-till system in the brazilian cerrado. *Revista Caatinga*. 2017;30(1):155–63. doi:10.1590/1983-21252017v30n117rc

19. Lacerda JJ de J, Resende ÁV de, Furtini Neto AE, Hickmann C, Conceição OP da. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2015;50(9):769–78. doi:10.1590/S0100-204X2015000900005
20. Carvalho M da CS, Nascente AS. Calcário, fosfógeno e doses de fertilizantes afetando a fertilidade do solo e o desenvolvimento do feijoeiro-comum em sistema de plantio direto em um Latossolo do Cerrado. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2018;40(e39322):1–11. doi:10.4025/actasciagron.v40i1.39322